

С. А. Бирюков

Цифровые устройства на интегральных микросхемах

Издательство «Радио и связь»

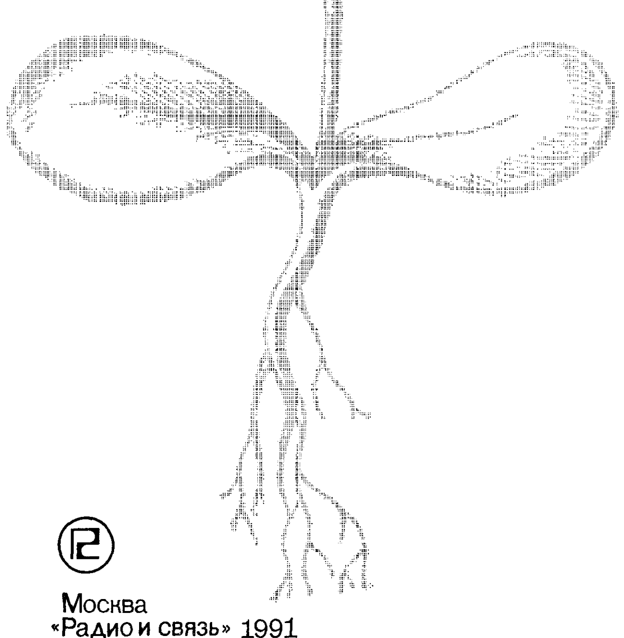


Основана в 1947 году
Выпуск 1159

С. А. Бирюков

Цифровые устройства на интегральных микросхемах

3-е издание переработанное и дополненное



Москва
«Радио и связь» 1991

ББК 32.84
Б 64
УДК 621.3.049.77.037.372.001.92

Бирюков С. А.

Б 64 Цифровые устройства на интегральных микросхемах. — 3-е изд. перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1991. — 184 с.: ил. — (Массовая радиобиблиотека. Вып. 1159).

ISBN 5-256-00538-3.

Дано описание принципов использования интегральных микросхем серии К155, приведены описания электронных часов и будильников на микросхемах серий К155, К134, таймера, квазисенсорных переключателей, универсального частотомера на микросхемах серий К155 и К500, частотомера для измерения частоты сети, цифровых шкал для трансиверов и радиоприемников с вакуумным и полупроводниковыми индикаторами, генераторов качающейся частоты и для настройки музыкальных инструментов, генератора аккордов для ЭМИ и т. д. По сравнению со вторым изданием рассмотрена работа новых микросхем серии К155, приведены описания ранее не рассматривавшихся устройств на микросхемах.

Для радиолюбителей, знакомых с цифровой техникой.

Б $\frac{2302020200-004}{046(01)-91}$ **43-91** **ББК 32.84**

Научно-популярное издание

Массовая радиобиблиотека. Вып. 1159

БИРЮКОВ СЕРГЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ

ЦИФРОВЫЕ УСТРОЙСТВА НА ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ

Руководитель группы МРБ И. Н. Суслова. Редактор И. Н. Суслова. Обложка художника А. С. Дзуцева. Художественный редактор Н. С. Шеин. Технический редактор Т. Н. Зыкина. Корректор Т. С. Власкина

ИБ № 2182

Сдано в набор 18.04.90 Подписано в печать 30.08.90
Формат 60×90 1/16 Бумага типогр. № 2 Гарнитура литературная
Печать высокая Усл. печ. л. 11,5 Усл. кр.-отт. 11,75 Уч.-изд. л. 14,0
Тираж 15 000 экз. Изд. № 23036 Зак. № 37 Цена 2 р. 80 к.

Издательство «Радио и связь». 101000 Москва, Почтамт, а/я 693

Типография издательства «Радио и связь». 101000 Москва, ул. Кирова, д. 40

ISBN 5-256-00538-3

Предисловие к третьему изданию

Широкое использование цифровой техники в радиолюбительском творчестве связано с появлением интегральных микросхем. Цифровые устройства, собранные целиком на дискретных транзисторах и диодах, имели значительные габариты и массу, ненадежно работали из-за большого числа элементов и особенно — паяных соединений. Интегральные микросхемы, содержащие в своем составе десятки, сотни, а иногда и тысячи и десятки тысяч компонентов, позволили по-новому подойти к проектированию и изготовлению цифровых устройств. Надежность отдельной микросхемы мало зависит от числа элементов и близка к надежности одиночного транзистора, а потребляемая мощность в пересчете на отдельный компонент резко уменьшается по мере повышения степени интеграции.

В результате на микросхемах стало возможным собирать сложнейшие устройства, изготовить которые в радиолюбительских устройствах без использования микросхем было бы совершенно невозможно.

Разработке цифровых устройств радиолюбителями мешает отсутствие систематического изложения вопросов практического использования микросхем в радиолюбительской литературе. Имеющиеся книги научного характера часто подходят к вопросам проектирования цифровых устройств с теоретических позиций без учета особенностей интегральных микросхем различных серий, а описание правил использования конкретных микросхем разбросано по специальным изданиям, руководящим техническим материалам и стандартам, недоступным широкому кругу радиолюбителей. Автором сделана попытка восполнить этот пробел.

В основе своей книга содержит опыт автора по изучению и применению микросхем ТТЛ-серий (в основном серии К155), частично нашедший отражение в статьях, опубликованных в журнале «Радио» в 1977—1987 гг. В книге описаны как общие вопросы применения комбинационных (элементы И-НЕ, И-ИЛИ-НЕ, НЕ, ИЛИ-НЕ, И, ИЛИ, дешифраторы, мультиплексоры, преобразователи кодов, сумматоры по модулю 2, полные сумматоры), последовательностных (триггеры, счетчики, сдвигающие регистры) интегральных микросхем и ждущих мультивибраторов серии К155, так и описания практических конструкций с их применением. Описания достаточно детализированы, содержат объяснение принципа действия, временные диаграммы, указания о настройке, чертежи печатных плат.

ЦИФРОВЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ СЕРИИ К155

Общие сведения

Отечественная промышленность выпускает обширную номенклатуру интегральных микросхем (ИС). Широкое применение для построения устройств автоматики и вычислительной техники находят цифровые микросхемы серии К155, которые изготовляются по стандартной технологии биполярных ИС транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). Номенклатура микросхемы серии К155 составляет свыше 100 наименований.

Все микросхемы серии К155 имеют напряжение питания 5 В±5%. Интегральные микросхемы выпускаются в пластмассовых корпусах четырех типов, отличающихся числом выводов (8, 14, 16, 24) и размерами, и имеют диапазон рабочих температур —10 ... +70° С. Часть микросхем выпускается также в керамических корпусах и имеет обозначение КМ155. Температурный диапазон микросхем в керамических корпусах —45 ... +85° С.

Микросхемы серии К155 имеют выходной уровень логического 0 (лог. 0) не более 0,4 (типовое значение 0,1 ... 0,2 В), выходной уровень логической 1 (лог. 1) не менее 2,4 В (типовое значение 3,2 ... 3,5 В), типовую нагрузочную способность — 10.

В табл. 1 приведены значения потребляемой мощности, предельной частоты тактовых импульсов, число выводов корпуса и разводка выводов питания, а также номера страниц книги, на которых дано описание микросхем этой серии.

При проектировании цифровых приборов следует иметь в виду, что фактическое быстродействие триггеров и счетчиков превышает указанное в табл. 1 в 1,5—2 раза, а потребляемая мощность в среднем в 1,5—2 раза меньше предельной, указанной в таблице.

При разработке принципиальных схем различных устройств всегда возникает вопрос: что делать с неиспользуемыми входами интегральных микросхем? Для ТТЛ-микросхем, к которым относятся микросхемы серии К155, возможно несколько вариантов. Во-первых, неиспользуемые входы микросхем можно никуда не подключать, т. е. подпаивать к контактной площадке минимальных размеров, к которой (это важно) не подключены проводники. При таком варианте несколько уменьшается быстродействие микросхем. Для ИС некоторых серий (К533, К555, К530, К531 и др.) оставлять входы неподключенными не допускается. Во-вторых, возможно подключение неиспользуемых входов к используемым входам того же элемента, но это увеличивает нагрузку на микросхему — источник сигнала, что также снижает быстродействие. Неиспользуемые входы J триггеров можно подключить к инверсным выходам тех же триггеров, а К — к прямым. Это очень удобно, так как указанные выводы триггеров обычно расположены рядом. Можно подключать неиспользуемые входы к выходу инвертиру-

Таблица 1

Обозначение ИС	Потребляемая мощность, мВт	Предельная частота, МГц	Число выводов корпуса	Выводы питания		Стр.
				+5 В	Общ.	
К155АГ1	125	—	14	14	7	50
К155АГ3	330	—	16	16	8	51
К155ИВ1	300	—	16	16	8	36
К155ИД1	132	—	16	5	12	34
К155ИД3	250	—	24	24	12	31
К155ИД4	210	—	16	16	8	33
КМ155ИД8А, Б	325	—	24	24	12	42
КМ155ИД9	325	—	24	24	12	42
К155ИД10	350	—	16	16	8	35
К155ИЕ1	150	10	14	14	7	23
К155ИЕ2	265	10	14	5	10	23
К155ИЕ4	255	10	14	5	10	23
К155ИЕ5	265	10	14	5	10	23
К155ИЕ6	510	15	16	16	8	24
К155ИЕ7	510	15	16	16	8	24
К155ИЕ8	600	15	16	16	8	26
К155ИЕ9	505	25	16	16	8	28
К155ИЕ14	295	—	14	14	7	31
К155ИМ1	175	—	14	14	7	40
К155ИМ2	290	—	14	4	11	41
К155ИМ3	640	—	16	5	12	41
К155ИП2	294	—	14	14	7	39
К155ИР1	410	10	14	14	7	16
К155ИР13	580	30	24	24	12	17
К155ИР15	360	15	16	16	8	19
К155ИР17	620	15	24	24	12	20
К155КП1	360	—	24	24	12	38
К155КП2	315	—	16	16	8	38
К155КП5	230	—	14	14	7	38
К155КП7	260	—	16	16	8	37
К155ЛА1	55	—	14	14	7	9
К155ЛА2	26	—	14	14	7	9
К155ЛА3	110	—	14	14	7	9
К155ЛА4	82,5	—	14	14	7	9
К155ЛА6	135	—	14	14	7	9
К155ЛА7	110	—	14	14	7	9
К155ЛА8	110	—	14	14	7	9
К155ЛА10	82,5	—	14	14	7	9
К155ЛА11	110	—	14	14	7	9
К155ЛА12	270	5	14	14	7	9
К155ЛА13	270	—	14	14	7	9
К155ЛА18	355	—	8	8	4	9, 11
К155ЛД1	20	—	14	14	7	10
К155ЛД3	10	—	14	14	7	10
К155ЛЕ1	135	—	14	14	7	9
К155ЛЕ2	95	—	16	16	8	9
К155ЛЕ3	95	—	14	14	7	9
К155ЛЕ4	130	—	14	14	7	9
К155ЛЕ5	285	—	14	14	7	9
К155ЛЕ6	285	—	14	14	7	9
К155ЛИ1	165	—	14	14	7	10
К155ЛИ5	325	—	14	14	7	10, 11
К155ЛЛ1	190	—	14	14	7	10

Обозначение ИС	Потребляемая мощность, мВт	Предельная частота, МГц	Число выводов корпуса	Выводы питания		Стр.
				+5 В	Общ.	
К155ЛЛ2	340	—	8	8	4	10, 11
К155ЛН1	165	—	14	14	7	10
К155ЛН2	165	—	14	14	7	10
К155ЛН3	155	—	14	14	7	10
К155ЛН5	155	—	14	14	7	10
К155ЛП5	250	—	14	14	7	39
К155ЛП7	55	—	14	14	7	11
К155ЛП8	270	—	14	14	7	10
К155ЛП9	150	—	14	14	7	10
К155ЛР1	70	—	14	14	7	10
К155ЛР3	47,5	—	14	14	7	10
К155ЛР4	70	—	14	14	7	10
К155ПП5	55	—	14	14	7	42
К155ПР6	520	—	16	16	8	47
К155ПР7	520	—	16	16	8	47
К155РЕ3	550	—	16	16	8	46
К155РЕ21	650	—	16	16	8	43
К155РЕ22	650	—	16	16	8	43
К155РЕ23	650	—	16	16	8	43
К155РЕ24	650	—	16	16	8	43
К155ТВ1	105	10	14	14	7	12
К155ТВ15	150	33	16	16	8	15
К155ТЛ1	160	—	14	14	7	11
К155ТЛ2	300	—	14	14	7	11
К155ТЛ3	200	—	14	14	7	11
К155ТМ2	157,5	10	14	14	7	13
К155ТМ5	265	—	14	4	11	13
К155ТМ7	265	—	16	5	12	13
К155ТМ8	225	—	16	16	8	13

ющего элемента, входы которого при этом надо соединять с общим проводом. Наконец, можно объединять неиспользуемые входы микросхемы и подключать их к источнику питания +5 В через резистор 1 кОм (до 20 входов к одному резистору). Последние два способа не снижают быстродействия микросхемы.

Недопустимо подключать ко входу микросхемы проводник, который во время работы может оказаться не подключенным к выходу источника сигнала, например, при управлении от кнопки или переключателя. Такие проводники обязательно следует подключать к источнику +5 В через резистор 1...10 кОм.

На печатных платах с использованием микросхем серии К155 необходима установка блокировочных конденсаторов между цепью +5 В и общим проводом. Их число определяется одним — двумя конденсаторами емкостью 0,033 ... 0,047 мкФ на каждые пять микросхем. Конденсаторы следует располагать на плате по возможности равномерно. Их следует также установить рядом со всеми микросхемами с мощным выходом (например, К155ЛА6) или с потребляемой мощностью более 0,5 Вт.

Цифровые микросхемы по своим функциям делятся на два широких класса — комбинационные и последовательностные. К первому классу относятся ИС,

не имеющие внутренней памяти, состояние выходов этих ИС однозначно определяется уровнями входных сигналов в данный момент.

Ко второму классу относятся микросхемы, состояние выходов которых определяется не только уровнями входных сигналов в данный момент, но и состоянием микросхемы в предыдущий момент из-за наличия внутренней памяти.

Ждущие мультивибраторы нельзя отнести однозначно ни к одному из упомянутых классов, так как внутренняя память этих микросхем помнит изменение входных сигналов ограниченное время, после чего состояние выходов микросхемы ни от чего не зависит.

К комбинационным микросхемам серии К155 относятся простые логические элементы И-НЕ, И-ИЛИ-НЕ, НЕ, ИЛИ-НЕ, И, ИЛИ, имеющие в своем обозначении буквы ЛА (К155ЛА3), ЛР (К155ЛР1), ЛН (К155ЛН1), ЛЕ (К155ЛЕ1), ЛИ (К155ЛИ1), ЛЛ (К155ЛЛ1), более сложные элементы — дешифраторы (К155ИД1 — К155ИД3, К155ИД4), мультиплексоры (К155КП1, К155КП2, К155КП5, К155КП7), сумматоры по модулю 2 (К155ЛП5, К155ИП2), полные сумматоры (К155ИМ1, К155ИМ2, К155ИМ3), преобразователи кодов для семисегментных и матричных индикаторов (К155ПП5, КМ155ИД8, КМ155ИД9, К155РЕ21, К155РЕ22, К155РЕ23, К155РЕ24), шифраторы (К155ИВ1), программируемые постоянные запоминающие устройства (К155РЕ3), преобразователи двоично-десятичного кода в двоичный и обратно (К155ПР6, К155ПР7), а также некоторые другие.

К последовательностным микросхемам относятся триггеры (К155ТВ1, К155ТВ15, К155ТМ2, К155ТМ5, К155ТМ7, К155ТМ8), счетчики (К155ИЕ1— К155ИЕ9, К155ИЕ14), сдвигающие регистры (К155ИР1, К155ИР13, К155ИР17) и др.

Ждущие мультивибраторы представлены двумя микросхемами — К155АГ1 и К155АГ3.

Комбинационные интегральные микросхемы малой степени интеграции

Существует много типов микросхем серии К155 малой степени интеграции, различающихся по функциональному назначению, нагрузочной способности, схеме выходного каскада.

Работа логических элементов этих микросхем достаточно проста — для элементов И выходной уровень лог. 1 формируется при подаче на все входы элемента уровней лог. 1, для элемента ИЛИ для формирования уровня лог. 1 на выходе достаточно подачи хотя бы на один вход уровня лог. 1. Элементы И-НЕ (основной элемент серии К155) и ИЛИ-НЕ дополнительно инвертируют выходной сигнал, элемент И-ИЛИ-НЕ состоит из нескольких элементов И, выходы которых подключены ко входам элемента ИЛИ-НЕ.

По нагрузочной способности микросхемы можно разделить на стандартные (N=10, т. е. допустима нагрузка на 10 входов микросхем серии К155), микросхемы с повышенной нагрузочной способностью (N=30), микросхемы со специальным выходным каскадом, обеспечивающим значительно более высокую нагрузочную способность в одном из логических состояний. Некоторые типы микросхем выпускаются с «открытым» коллекторным выходом.

Отдельно следует отметить специальный, пока еще малочисленный класс микросхем с третьим состоянием выходного каскада, называемым также еще «высокоимпедансным», «Z-состоянием», при котором микросхема отключается по своему выходу от нагрузки.

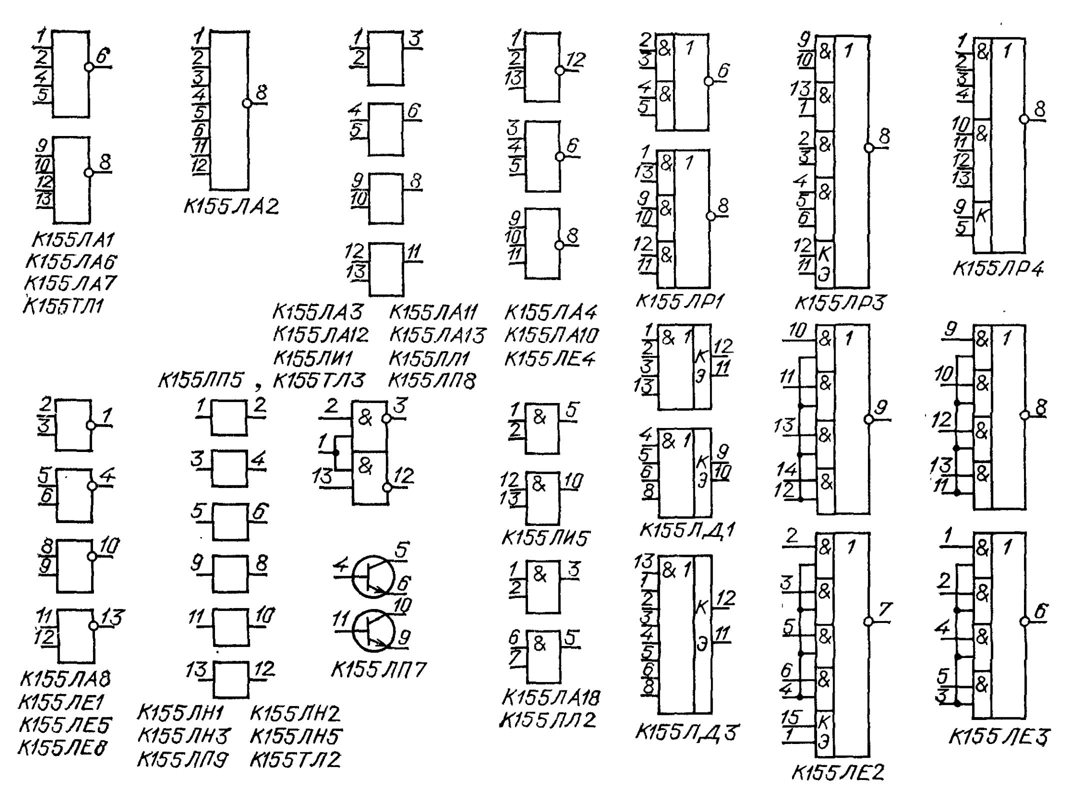


Рис. 1. Интегральные микросхемы серии К155 малой степени интеграции

На рис. 1 показана разводка выводов большинства логических микросхем серии К155 малой степени интеграции, причем для микросхем, выполняющих разные функции, но имеющих одну разводку выводов, приведен рисунок без обозначения функции.

Рассмотрим более подробно микросхемы малой степени интеграции серии К155. К микросхемам, выполняющим функцию И-НЕ, относятся К155ЛА1, К155ЛА2, К155ЛА3, К155ЛА4, К155ЛА6, К155ЛА7, К155ЛА8, К155ЛП10, К155ЛА11, К155ЛА12, К155ЛА13, К155ЛА18. Микросхемы К155ЛА1, К155ЛА2, К155ЛА3, К155ЛА4 имеют, как и большинство микросхем серии К155, стандартную нагрузочную способность (N=10). При лог. 0 на выходе ($U_{вых}$=0,4 В) они могут обеспечить втекающий ток до 16 мА, при лог. 1 ($U_{вых}$=2,4 В) — вытекающий ток до 0,4 мА (реально значительно больший). Микросхемы К155ЛА6 и К155ЛА12 имеют нагрузочную способность втрое больше — соответственно N=30, 48 и 1,2 мА.

Микросхемы К155ЛА7, К155ЛА8, К155ЛА10, К155ЛА11, К155ЛА13, К155ЛА18 имеют «открытый» коллекторный выход. Выходной ток и выходное напряжение этих микросхем в состоянии лог. 0 и максимальное напряжение $U_{макс}$, которое можно подать на выход микросхемы, находящейся в состоянии лог. 1, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Обозначение микросхемы	Функция	Лог. 0		Лог. 1
		U, В	I, мА	$U_{макс}$, В
К155ЛА7	2×4И-НЕ	0,4	40	5,5
К155ЛА8	4×2И-НЕ	0,4	16	5,5
К155ЛА10	3×3И-НЕ	0,4	16	5,5
К155ЛА11	4×2И-НЕ	0,4	16	12
К155ЛА13	4×2И-НЕ	0,4	48	5,5
К155ЛА18	2×2И-НЕ	0,5	100	30
		0,8	300	
К155ЛИ5	2×2И	0,5	100	30
		0,8	300	
К155ЛЛ2	2×ИЛИ	0,5	100	30
		0,8	300	
К155ЛН2	6×НЕ	0,4	16	5,5
К155ЛН3	6×НЕ	0,4	16	30
		0,7	40	
К155ЛН5	6×НЕ	0,4	16	15
		0,7	40	
К155ЛП9	6 повт.	0,4	16	30
		0,7	40	

Микросхемы К155ЛЕ1, К155ЛЕ2, К155ЛЕ3, К155ЛЕ4, К155ЛЕ5, К155ЛЕ6 выполняют функцию ИЛИ-НЕ. На входах микросхем К155ЛЕ2, К155ЛЕ3 установлены дополнительные элементы И, позволяющие стробировать входные сигналы. Нагрузочная способность микросхем К155ЛЕ1, К155ЛЕ2, К155ЛЕ3, К155ЛЕ4 — стандартная (N=10), микросхем К155ЛЕ5 и К155ЛЕ6 в состоянии лог. 0 соответствует N=30, в состоянии лог. 1 — выше. Микросхема К155ЛЕ5 при $U_{вых}$=2,4 В может обеспечить вытекающий ток 2,4 мА, микросхема

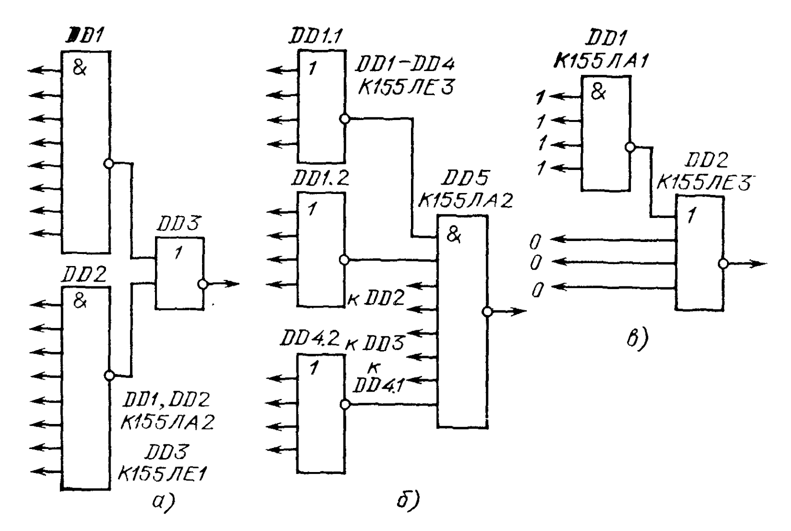


Рис. 2. Многовходовые элементы И (*а*), ИЛИ (*б*), элемент совпадения на четыре лог. 1 и три лог. 0

К155ЛЕ6 — 13,2 мА. Для микросхемы К155ЛЕ6 нормирован также ток при выходном напряжении 2 В — он составляет не менее 42,4 мА, т. е. эта микросхема может обеспечивать работу на нагрузку сопротивлением 50 Ом, например, на коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 50 или 75 Ом, согласованный на конце.

Микросхемы К155ЛР1, К155ЛР3, К155ЛР4 выполняют функции И-ИЛИ-НЕ и имеют стандартную нагрузочную способность. Особенностью этих микросхем является возможность подключения расширителей К155ЛД1 и К155ЛД3, увеличивающих число групп И в функции ИЛИ этих микросхем. Аналогичные входы для расширения числа входов по ИЛИ имеет микросхема К155ЛЕ2.

Однако более простым способом построения элементов И или ИЛИ с большим числом входов является каскадное соединение микросхем, выполняющих функции И-НЕ и ИЛИ-НЕ. На рис. 2,*а* приведена схема элемента И на 16 входов, на рис. 2,*б* — элемента ИЛИ на 32 входа. На рис. 2,*в* приведена схема элемента совпадения, формирующего на своем выходе лог. 1 при лог. 1 на четырех верхних по схеме входах и лог. 0 на трех нижних. Такой элемент может использоваться для дешифрации определенных состояний счетчиков и других устройств.

Микросхемы К155ЛИ1, К155ЛЛ1 и К155ЛН1 выполняют соответственно функции И, ИЛИ и НЕ и имеют стандартную нагрузочную способность.

Микросхемы К155ЛИ5, К155ЛЛ2, К155ЛН2, К155ЛН3, К155ЛН5 выполняют аналогичные функции, имеют «открытый» коллекторный выход. Их параметры приведены в табл. 2.

Микросхема К155ЛП9 — шесть повторителей входного сигнала с «открытым» коллекторным выходом, ее параметры также приведены в табл. 2.

Микросхема К155ЛП8 — четыре повторителя входного сигнала с «третьим» состоянием. При лог. 0 на управляющем входе (выводы 1, 4, 10, 13) сигналы со

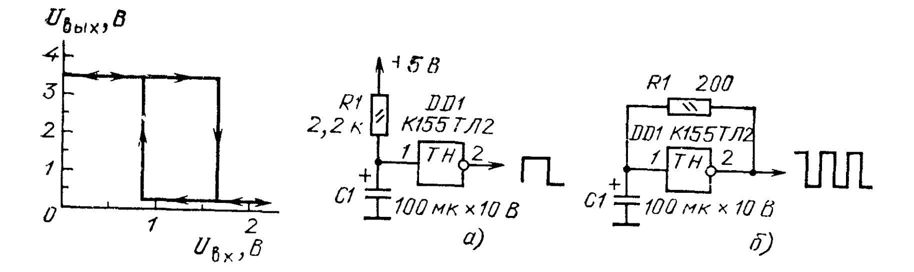


Рис. 3. Зависимость выходного напряжения от входного для микросхем К155ТЛ1-К155ТЛ3

Рис. 4. Формирователь импульса начальной установки (*а*) и генератор (*б*) на микросхеме К155ТЛ2

второго входа элемента (выводы 2, 5, 9, 12) проходят на выход элемента без инверсии. При лог. 1 на управляющем входе выход элемента переходит в «третье» состояние. При лог. 0 на выходе эта микросхема обеспечивает втекающий ток 16 мА, при лог. 1 — вытекающий 5,2 мА.

Микросхемы К155ЛА18, К155ЛИ5 и К155ЛЛ2 с «открытым» коллектором в состоянии лог. 0 допускают выходной ток до 300 мА и допустимое напряжение на выходе микросхемы в состоянии лог. 1 до 30 В, что позволяет коммутировать нагрузку мощностью до 9 Вт — электромагнитные реле, маломощные электродвигатели. Лампы накаливания, однако, можно использовать на номинальный ток не более 60 мА, так как сопротивление нити лампы в холодном состоянии значительно меньше номинального.

Микросхема К155ЛП7 представляет собой два стандартных логических элемента И-НЕ с двумя объединенными входами и два n-p-n транзистора с предельно допустимыми параметрами, такими же, как и у выходных транзисторов микросхем К155ЛИ5.

Микросхемы К155ТЛ1, К155ТЛ2, К155ТЛ3 — инвертирующие триггеры Шмитта. В микросхеме К155ТЛ1 — два четырехвходовых элемента И-НЕ, в микросхеме К155ТЛ3 — четыре двухвходовых, микросхема К155ТЛ2 — шесть инверторов.

Указанные микросхемы при плавном изменении входного сигнала обеспечивает скачкообразное переключение выходного (рис. 3). При повышении напряжения на входе элемента микросхемы от нуля выходное напряжение скачком изменяется с лог. 1 на лог. 0 при напряжении на входе около 1,65 В. При снижении напряжения на входе обратное изменение выходного напряжения происходит при напряжении на входе около 0,85 В.

Триггеры Шмитта применяются для формирования ТТЛ-сигнала из синусоидального, для приема сигналов при большом уровне помех, в формирователях и генераторах импульсов и в других случаях. На рис. 4,*а* показана схема формирователя импульса сброса при включении питания, обеспечивающего крутой фронт при большой длительности импульса, на рис. 4.*б* — простейшего генератора импульсов.

Изучение работы более сложных микросхем серии К155 удобно начать с микросхем последовательностного типа.

Интегральные микросхемы последовательностного типа

Основу последовательностных цифровых структур составляют триггеры различных типов, которые могут использоваться самостоятельно или в составе счетчиков, регистров и т. д.

Триггеры микросхем серии К155 различаются по своим возможностям. Так называемые JK-триггеры К155ТВ1 и К155ТВ15 и D-триггер К155ТМ2 могут работать в счетном режиме, т. е. менять свое состояние на противоположное на каждый импульс, приходящий на счетный вход триггера. Триггеры микросхем К155ТМ5, К155ТМ7, К155ИР15 могут работать только в режиме хранения информации, записываемой в них в момент подачи тактовых импульсов.

Рассмотрим более подробно работу триггеров. Триггер К155ТВ1 (рис. 5,*а*) имеет девять входов: вход R установки в 0, вход S установки в 1, вход С — тактовых импульсов, входы J и К — управляющие входы (по три входа, объединенных по схеме И), а также прямой и инверсный (обозначен кружком) выходы.

При подаче лог. 0 на вход R триггер устанавливается в нулевое состояние, при котором на прямом выходе уровень лог. 0, на инверсном — лог. 1. При подаче лог. 0 на вход S триггер устанавливается в единичное состояние.

Более сложно происходит работа триггера при подаче сигналов на входы С, J и К. Наиболее простой режим осуществляется при уровне лог. 1 на входах J и К, в этом случае JK-триггер работает как обычный триггер со счетным входом: по спаду каждого положительного импульса на тактовом входе С состояние триггера меняется на противоположное. Если хотя бы на одном входе J и на одном входе К одновременно уровень лог. 0, состояние триггера при подаче импульсов по тактовому входу С не меняется.

Если на всех входах J уровень лог. 1, хотя бы на одном входе К — лог. 0, по спаду положительного импульса на входе С триггер устанавливается в единичное состояние независимо от предыдущего состояния. Если хотя бы на одном входе J лог. 0, на всех входах К — 1, по спаду импульса на входе С триггер устанавливается в нулевое состояние.

Изменение сигналов на входах J и К при уровне лог. 0 на входе С не влияет на состояние JK-триггера. Если же на входе С уровень лог. 1, спад импуль-

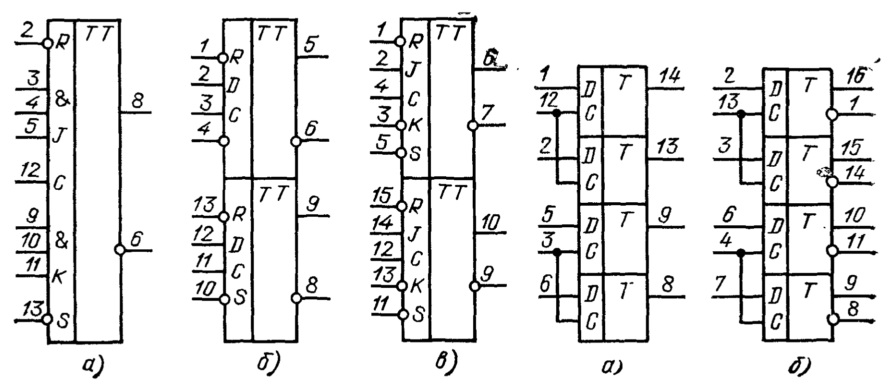


Рис. 5. Цоколевка микросхем К155ТВ1 (*а*), К155ТМ2 (*б*) и К155ТВ15 (*в*)

Рис. 6. Цоколевка микросхем К155ТМ5 (*а*) и К155ТМ7 (*б*)

са на одном или нескольких входах J при лог. 1 на других входах J приводит к установке триггера в единичное состояние, спад на входе (входах) — К в нулевое.

Следует иметь в виду, что не все JK-триггеры ИС ТТЛ работают как уровне лог. 1 на входе С так, как описано выше. Некоторые триггеры (К158ТВ1, К134ТВ1, К134ТВ14) не срабатывают непосредственно по спадам импульсов на входах J и К, но могут запоминать изменение информации на этих входах, имевшее место при уровне лог. 1 на входе С. Кроме того, технические условия на большинство JK-триггеров не определяют их принципиальных схем и характера переключения при лог. 1 на входе С. Поэтому не рекомендуется использовать JK-триггеры в режиме, когда сигналы на входах J и К меняются при лог. 1 на входе С при отсутствии уверенности в поведении триггеров в этом режиме.

Микросхема типа К155ТМ2 (рис. 5,*б*) содержит два D-триггера. Триггер D-типа вместо входов J и К имеет один вход D. По входам R и S D-триггер работает так же, как и JK-триггер. Если на входе D уровень лог. 0, по спаду импульса отрицательной полярности на входе С триггер устанавливается в нулевое состояние, при лог. 1 на входе D по спаду импульса отрицательной полярности на входе С триггер устанавливается в состояние 1.

Здесь и далее под импульсом отрицательной полярности подразумевается изменение сигнала от уровня лог. 1 до лог. 0 с последующим изменением от лог. 0 до лог. 1.

Для получения режима счетного триггера вход D соединяют с инверсным выходом триггера, в этом случае триггер меняет свое состояние на противоположное по фронтам входных импульсов.

Микросхема К155ТВ15 — сдвоенный JK-триггер (рис. 5,*в*). Каждый триггер микросхемы имеет входы R и S — для установки в 0 и 1, установка происходит при подаче лог. 0 на соответствующий вход, вход С для подачи тактовых импульсов и информационные входы J и К. Особенностью микросхемы является то, что входы К инверсные. В отличие от микросхемы К155ТВ1 переключение триггера происходит по спаду импульсов отрицательной полярности на входе С. Счетный режим переключения триггера на каждый импульс осуществляется при подаче на вход J лог. 1, на вход К — лог. 0. Если на входы J и К подать лог. 1, по спаду импульса отрицательной полярности произойдет установка триггера в 1, если на эти входы подать лог. 0 — установка в 0. Таким образом, объединение входов J и К превращает триггеры микросхемы в D-триггеры, аналогичные триггерам микросхемы К155ТМ2. При J=0, K=1 происходит блокировка переключения и триггеры микросхемы К155ТВ15 на импульсы на входе С не реагируют.

Сигналы на входах J и К можно изменять как при лог. 0, так и при лог. 1 на входе С — для переключения триггера играют роль сигналы на этих входах лишь непосредственно перед переходом напряжения на входе С с лог. 0 на лог. 1.

Микросхемы К155ТМ5 и К155ТМ7 (рис. 6) содержат по четыре статических триггера, каждый из которых имеет информационный вход D, тактовый С и прямой выход (а в микросхеме К155ТМ7 еще и инверсный выход). Триггер работает следующим образом. При лог. 0 на входе С изменение сигнала на входе D не влияет на состояние триггера и он хранит записанную в нем ранее информацию. При подаче на вход С лог. 1 триггер превращается в повторитель — сигнал на выходе соответствует сигналу на входе (а на инверсном выходе мик-

росхемы К155ТМ7 — инверсии сигнала на входе D). При подаче на вход С лог. 0 триггер переходит вновь в режим хранения, а его состояние определяется сигналом на входе D перед спадом импульса на входе С. Таким образом, основные свойства триггеров микросхем К155ТМ5 и К155ТМ7 следующие:

1) при подаче на вход С лог. 0 — хранение информации;

2) при подаче на входе С лог. 1 — повторение входного сигнала;

3) запоминается информация, имеющаяся на входе D перед спадом на входе С;

4) изменение информации на выходе может происходить в течение всего положительного импульса на входе С, если при этом меняется информация на входе D.

Эту разновидность D-триггера лучше называть «D-триггером, тактируемым импульсом», «триггером-защелкой», чтобы отличать ее от описанных выше D-триггеров К155ТМ2, которые можно назвать «D-триггерами, тактируемыми фронтом» или «счетными D-триггерами».

Для того чтобы подчеркнуть различие между ними, приведем логику работы «счетного D-триггера»:

1) хранение информации осуществляется при подаче на вход С как лог. 0, так и лог. 1;

2) прямого прохождения сигнала на выход со входа D нет;

3) запоминается информация, имеющаяся на входе D перед фронтом импульса на входе С;

4) изменение информации на выходе может происходить только во время фронта на входе С.

На основе JK-триггеров и счетных D-триггеров строятся счетчики и делители частоты. D-триггеры, тактируемые импульсом, удобны для построения регистров памяти.

Для построения двоичных счетчиков счетные входы JK-триггеров К155ТВ1 соединяют с прямыми выходами предыдущих триггеров, а D-триггеров К155ТМ2 и JK-триггеров К155ТВ15 с инверсными (рис. 7). Отличие в подключении входов связано с тем, что триггеры микросхемы К155ТМ2 и К155ТВ15 срабатывают по спаду отрицательных импульсов, а триггер К155ТВ1 — по спаду импульсов положительной полярности.

Состояние счетчика (число поступивших на его вход импульсов после установки в 0) однозначно определяется состояниями его триггеров. В частности, для четырехразрядных счетчиков состояние может быть определено по формуле

$$q = P_1Y_1 + P_2Y_2 + P_3Y_3 + P_4Y_4,$$

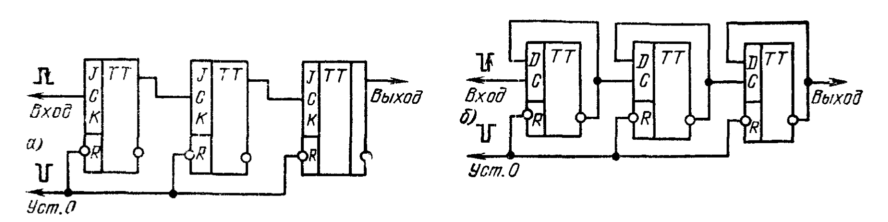


Рис. 7. Двоичные счетчики на JK-триггерах К155ТВ1 (*а*) и D-триггерах К155ТМ2 (*б*)

где $Y_i=0$ или 1 — состояние i-го триггера ($i=1-4$, начиная со входа счетчика); $P_i=2^{i-1}$ — вес i-го разряда счетчика. О таких счетчиках говорят, что они работают в весовом коде 1—2—4—8. Счетчик может быть построен так, что его весовой код отличается от рассмотренного. Так, для четырехразрядных счетчиков получили распространение коды 1—2—4—6, 1—2—2—4 и др. Существуют такие структуры счетчиков, состояние которых не может быть выражено приведенной выше формулой. О таких счетчиках говорят, что они работают в невесовом коде. Их состояния определяют по временным диаграммам или таблицам переходов. Сказанное о четырехразрядных счетчиках распространяется на счетчики любой разрядности.

Делители частоты (далее просто делители) отличаются от счетчиков тем, что в них используется только один выход — выход последнего триггера. Таким образом, n-разрядный двоичный счетчик всегда можно рассматривать как делитель на 2.

Часто бывает необходимо осуществить деление частоты на некоторое целое число m, не являющееся степенью двойки, в таких случаях обычно используют n-разрядный двоичный счетчик ($2^n>m$), и вводом дополнительных логических связей обеспечивают пропуск 2^n-m состояний в процессе счета. Этого можно достигнуть, например, принудительной установкой счетчика в 0 при достижении состояния m или принудительной установкой счетчика в состояние 2^n-m при его переполнении.

Возможны и другие способы. Например, наиболее часто применяемая декада (счетчик с коэффициентом пересчета 10) на JK-триггерах К155ТВ1 строится по схеме рис. 8,*а*. При подаче импульсов с 1-го по 8-й декада работает как

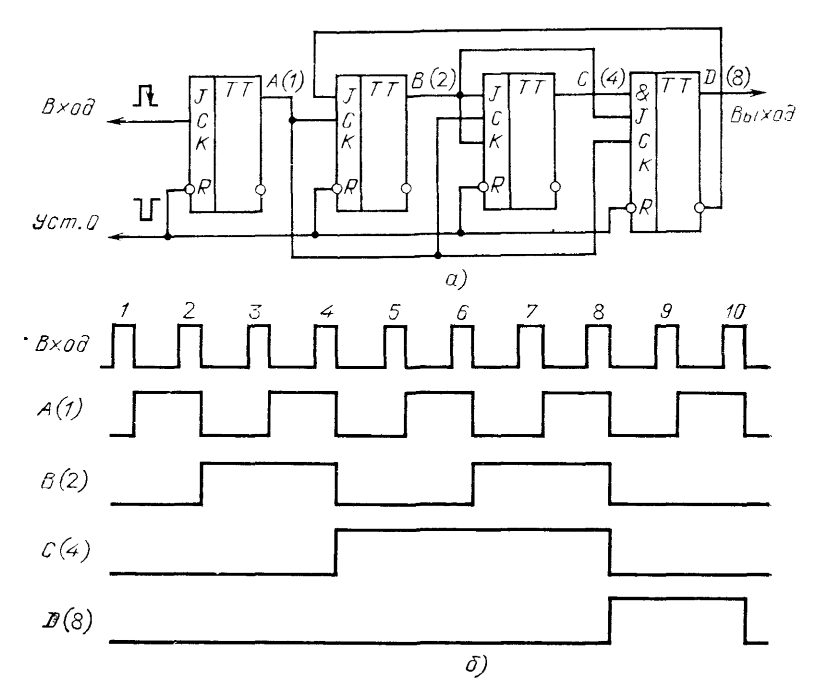


Рис. 8. Декада на JK-триггерах К155ТВ1 (*а*) и диаграмма ее работы (*б*)

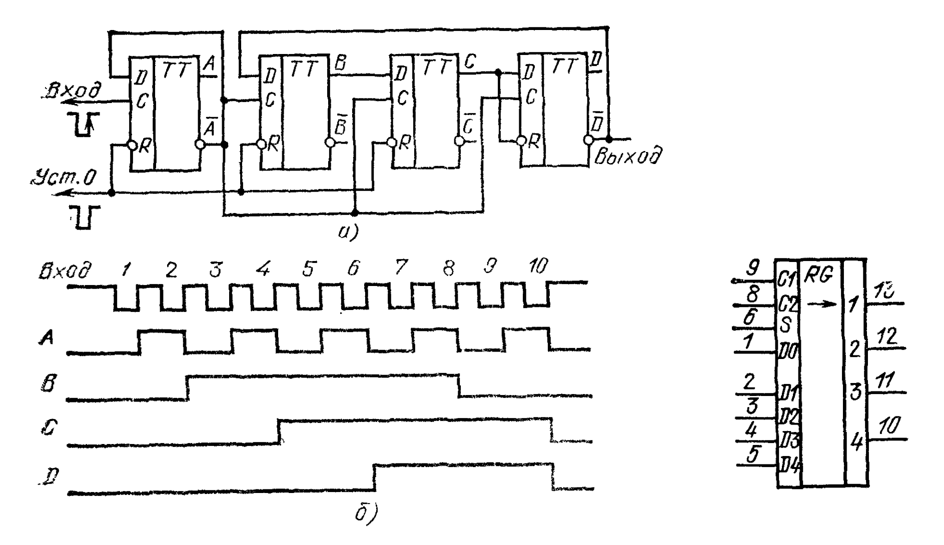


Рис. 9. Декада на D-триггерах К155ТМ2 (*а*) и диаграмма ее работы (*б*)

Рис. 10. Цоколевка микросхемы К155ИР1

обычный двоичный счетчик импульсов. К моменту подачи восьмого импульса на двух входах J четвертого триггера формируется уровень лог. 1, восьмым импульсом этот триггер переключается в единичное состояние и уровень лог. 0 с его инверсного выхода, подаваемый на вход J второго триггера, запрещает его переключение в единичное состояние под действием десятого импульса. Десятый импульс восстанавливает нулевое состояние четвертого триггера, и цикл работы делителя повторяется.

Декада рис. 8,*а* работает в весовом коде 1—2—4—8. Декада на D-триггерах, схема которой приведена на рис. 9,*а*, работает в невесомом коде. Временная диаграмма ее работы приведена на рис. 9,*б*.

Микросхема К155ИР1 (рис. 10) — четырехразрядный сдвигающий регистр. Микросхема позволяет производить последовательную и параллельную запись информации в триггеры регистра, последовательное и параллельное считывание информации, сдвиг информации. Вход C1 микросхемы служит для подачи положительных тактовых импульсов, сдвигающих информацию, сдвиг происходит по спадам импульсов. При подаче положительного импульса на вход C2 по его спаду происходит запись в триггеры регистра информации, присутствующей на входах D1—D4. Кроме того, есть управляющий вход S — запись со входов D1—D4 может происходить лишь при наличии лог. 1 на входе S, сдвиг — при наличии лог. 0. Для последовательной записи информации используется вход D0, запись происходит в режиме сдвига.

Наличие управляющего входа S расширяет возможности использования микросхемы. Если соединить между собой входы C1 и C2, можно управлять сдвигом и записью, лишь изменяя логический уровень на входе S. Можно соединить между собой входы C2 и S, специального управляющего сигнала в этом случае не потребуется — сдвиг будет происходить при подаче импульсов на вход C1, запись — при подаче на C2.

Если вход D1 подключить к выходу 2, D2 — к выходу 3, D3 — к выходу 4, D4 использовать в качестве входа последовательной записи, получится реверсивный сдвигающий регистр. При подаче импульсов на вход C1 будет происходить последовательная запись информации со входа D0 и сдвиг в сторону возрастания номеров выходов (сдвиг вправо). При подаче импульсов на вход C2 запись будет происходить со входа D4, сдвиг в сторону уменьшения номеров выходов (сдвиг влево). В полученный таким образом реверсивный сдвигающий регистр параллельная запись информации невозможна.

Микросхема К155ИР13 (рис. 11) — восьмиразрядный реверсивный сдвигающий регистр, обладает большими возможностями по сравнению с микросхемой К155ИР1.

Микросхема имеет восемь выходов параллельного кода, восемь входов D1—D8 для подачи информации при параллельной записи, входы DR и DL для подачи информации при последовательной записи и сдвиге вправо и влево соответственно, вход C для подачи тактовых импульсов, входы SP и SL для управления режимом и вход R для сброса триггеров регистра.

При подаче на вход R лог. 0 происходит сброс всех триггеров счетчика независимо от состояния других входов. Любые другие изменения состояния регистра происходят лишь по спаду импульса отрицательной полярности на входе C. При лог. 1 на входе SR и лог. 0 на входе SL по спаду импульса на входе C происходит сдвиг информации вправо (в сторону возрастания номеров выходов). В первый разряд сдвигающего регистра последовательный прием информации осуществляется со входа DR. При лог. 1 на входе SL и лог. 0 на входе SR сдвиг осуществляется влево, прием информации в восьмой разряд регист-

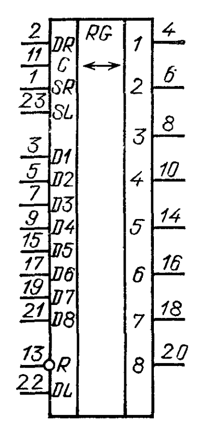


Рис. 11. Цоколевка микросхемы К155ИР13

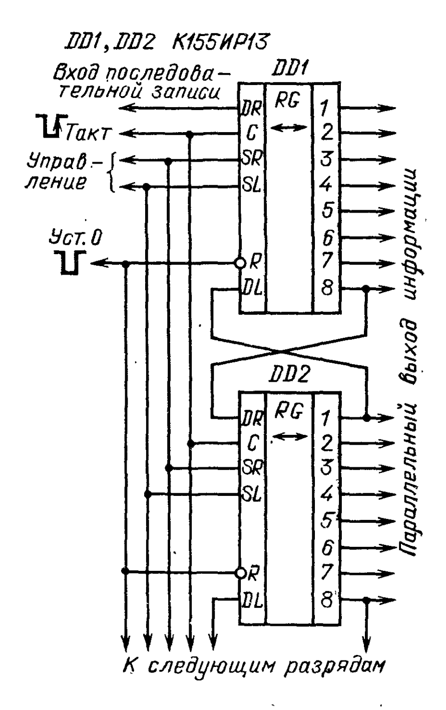


Рис. 12. Соединение микросхемы К155ИР13 для увеличения числа разрядов

ра — со входа DL. Если лог. 1 подать сразу на оба входа SR и SL, по спаду импульса отрицательной полярности на входе С произойдет параллельная запись в регистр информации со входов D1—D8.

Подача лог. 0 на оба входа SR и SL блокирует тактовые импульсы, подаваемые на вход С, и по ним информация в регистре уже не будет меняться. Однако, если при лог. 0 на входе С вначале хотя бы на одном из входов SR или SL присутствовала лог. 1, затем на обеих входах — лог. 0, это изменение будет воспринято микросхемой как спад тактового импульса, по которому произойдет сдвиг или параллельная запись, в зависимости от состояния входов SR и SL перед появлением лог. 0 на обоих входах. Указанное свойство микросхемы позволяет, подавая постоянно лог. 0 на вход С, использовать вход SR для подачи импульсов сдвига вправо, вход SL — для подачи импульсов сдвига влево. Сдвиг будет происходить по спадам импульсов положительной полярности. Если изменение сигнала с лог. 1 на лог. 0 произойдет одновременно на обоих входах SR и SL, осуществится параллельная запись информации со входов D1—D8.

Соединение микросхем К155ИР13 для увеличения разрядности проиллюстрировано на рис. 12.

Микросхема К155ТМ8 (рис. 13) содержит четыре D-триггера, логика работы которых полностью соответствует логике работы триггеров микросхемы К155ТМ2. Микросхема имеет входы D1—D4 для подачи информации в триггеры, объединенные входы триггеров С и R, С для подачи тактовых импульсов и R для сброса.

Сброс триггеров происходит при подаче на вход R лог. 0, параллельная запись в триггеры осуществляется по спаду импульса отрицательной полярности на входе С (или по фронту импульса положительной полярности, что тождественно), при этом на входе R должна быть лог. 1.

Микросхема может использоваться как регистр хранения информации, при необходимости из нее можно получить сдвигающий регистр (рис. 14), что невозможно при использовании микросхем К155ТМ5 и К155ТМ7. Мощность, потребляемая таким сдвигающим регистром, меньше, чем у регистра на микросхемах

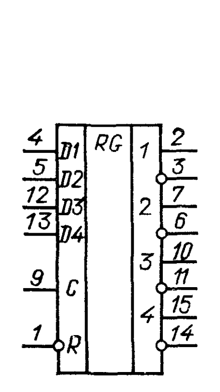


Рис. 13. Цоколевка микросхемы К155ТМ8

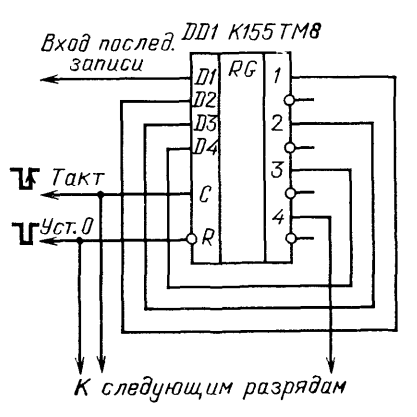


Рис. 14. Использование микросхемы К155ТМ8 в качестве сдвигающего регистра

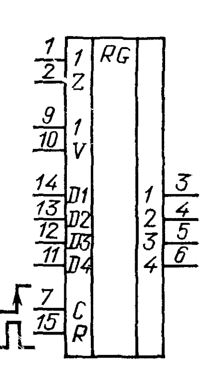


Рис. 15. Цоколевка микросхемы К155ИР15

К155ИР1 или К155ИР13, регистр имеет как прямые, так и инверсные выходы, но параллельная запись информации в него невозможна.

Микросхема К155ИР15 (рис. 15) — четырехразрядный регистр хранения информации с возможностью перевода выходов в высокоимпедансное состояние. Запись информации со входов D1—D4 в триггеры микросхемы происходит по спаду импульса отрицательной полярности на входе C, обнуление триггеров — по импульсу положительной полярности на входе R. Особенностью регистра является наличие двух равноправных входов запрета записи V, собранных по ИЛИ. Наличие лог. 1 на любом из этих входов запрещает запись в триггеры, причем изменение сигналов на входах D1—D4 может происходить как при лог. 0, так и при лог. 1 на входе C, важно состояние этих входов непосредственно перед переходом из лог. 0 в лог. 1 сигнала на входе C.

Микросхема имеет два равноправных входа Z, собранных по ИЛИ. Наличие лог. 1 на любом из этих входов переводит выходы в высокоимпедансное состояние. Состояние входов Z никак не влияет на работу микросхемы по другим входам — запись, обнуление могут происходить при любых сочетаниях сигналов на входах Z.

Основное назначение микросхемы — прием, хранение и мультиплексирование информации, поступающей от различных источников. В качестве простейшего примера на рис. 16 приведена схема для обеспечения одновременного приема четырехразрядной информации от двух различных источников Данные 1 и Данные 2 по фронту импульса на входе Запись и поочередной передачи принятой информации на выход по сигналам Чтение 1 и Чтение 2.

Наличие двух входов запрета приема и двух входов перевода в высокоимпедансное состояние позволяет легко организовать матричное управление большим числом микросхем. Например, два описываемых далее дешифратора К155ИД4 могут управлять по входам Z матрицей из 64 микросхем К155ИР15, в результате можно получить одновременный прием и запоминание 256 бит

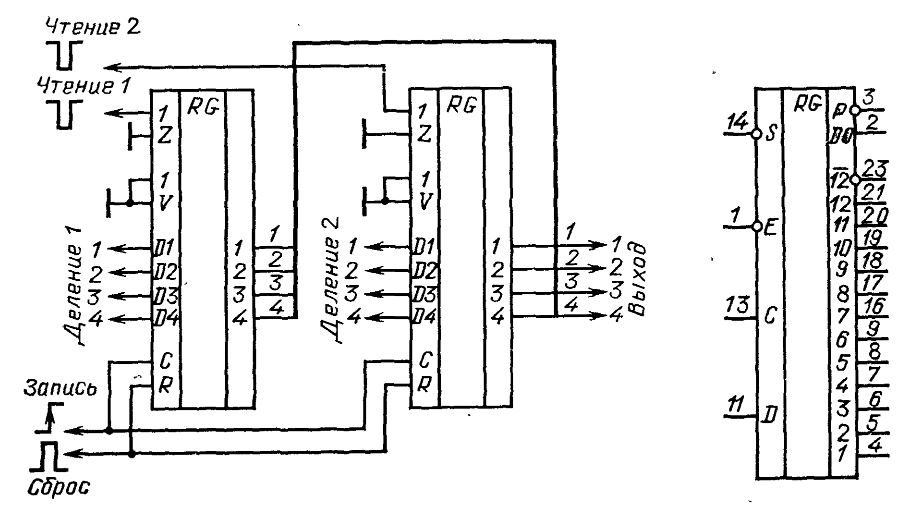


Рис. 16. Регистр для приема информации из двух различных источников

Рис. 17. Цоколевка микросхемы К155ИР17

информации и последовательную передачу информации по 4 бита в необходимом порядке.

Управляя матрицей по входам V, можно организовать последовательный прием информации от различных источников и параллельную выдачу, если выходы микросхем не объединять.

Микросхема К155ИР17 — специальный регистр, предназначенный для построения аналого-цифровых преобразователей, работающих по принципу последовательного приближения, с числом разрядов до 12.

Микросхема (рис. 17) имеет четыре входа: вход С для подачи тактовых импульсов, срабатывание триггеров регистра происходит по спаду тактовых импульсов отрицательной полярности, вход D для подачи запоминаемой регистром информации, вход E — разрешения преобразования и вход S — сброса.

Работа микросхемы проиллюстрирована на диаграммах С — D0 рис. 18.

При подаче на вход S лог. 0 по спаду очередного импульса отрицательной полярности (импульс 0) происходит начальная установка триггеров регистра —

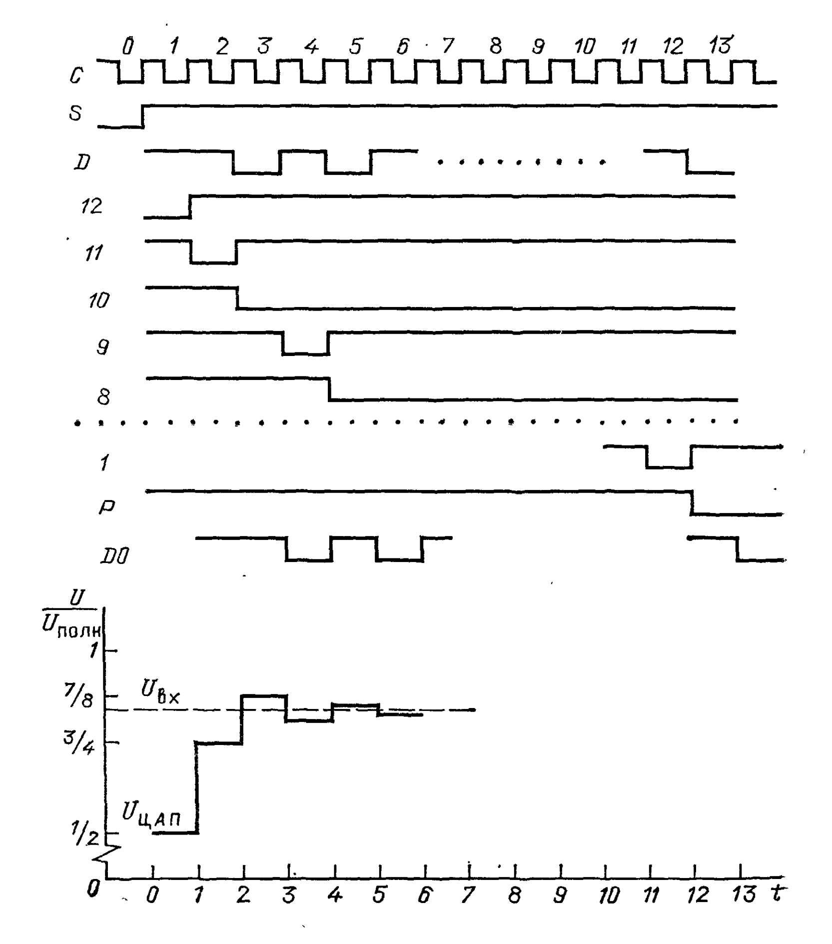


Рис. 18 Временная диаграмма работы микросхемы К155ИР17

на выходе 12 устанавливается лог. 0, на выходах 1—11 и $\overline{12}$ — лог. 1. На выходе окончания преобразования P появляется лог. 1. Такое состояние регистра будет сохраняться до тех пор, пока на входе S будет лог. 0.

После установления на входе S лог. 1 первый спад импульса отрицательной полярности произведет запись в триггер регистра с выходами 12 и $\overline{12}$ информации со входа D и установит выход 11 в состояние 0, на выходах 10—1 и P будет лог. 1. Спад очередного импульса отрицательной полярности произведет запись информации со входа D в очередной триггер регистра и установку следующего за ним выхода в состояние 0. Таким образом на выходах регистра поочередно появляется лог. 0, вслед за ним — информация со входа D.

После записи информации со входа D в последний триггер регистра (с выходом 1) на выходе P появляется лог. 0 и это состояние регистра фиксируется до появления лог. 0 на входе S. Если вход S соединить с выходом P, появление лог. 0 на выходе P по спаду очередного тактового импульса (импульс 13 на рис. 18) приведет к установлению исходного состояния регистра аналогично импульсу 0. В результате микросхема будет повторять описанный выше цикл работы с периодом в 13 тактов.

Так микросхема работает на лог. 0 на входе E. Если на вход E подать лог. 1, выходы 12—1 и P переходят в состояние 1 и на сигналы на других входах не реагируют. Наличие входа E позволяет соединять между собой микросхемы для получения регистров последовательного приближения на 24, 36 и т. д. разрядов (рис. 19). Работа таких регистров аналогична работе одной микросхемы, а период при соединении выхода P последней микросхемы с объединенными входами S всех микросхем соответственно составит 25, 37 и т. д. тактов.

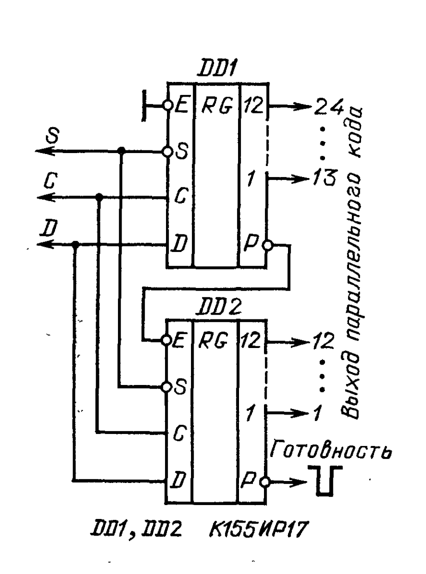


Рис. 19. Соединение микросхемы К155ИР17 для увеличения числа разрядов

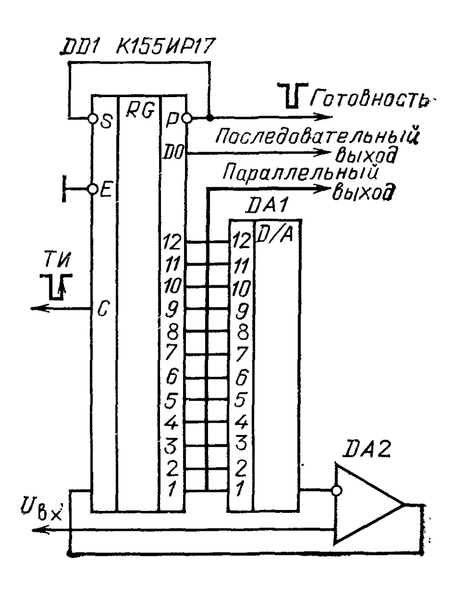


Рис. 20. Аналого-цифровой преобразователь на основе микросхемы К155ИР17

Микросхема позволяет использовать ее как регистр последовательного приближения и с меньшим чем 12 числом разрядов, для чего для подачи сигнала на вход S можно использовать его соединение с любым из выходов 1—11.

Если вход D подключить постоянно к источнику лог. 1, микросхема может использоваться как счетчик с дешифратором, на выходах которого поочередно на период тактовых импульсов появляется лог. 0. Коэффициент пересчета счетчика составит 13, он может быть установлен также меньшей величины при соединении входа S с любым из выходов 11—1.

Если на вход D постоянно подать лог. 0, микросхема будет работать так, что по каждому тактовому импульсу на очередном из выходов 11—1 регистра лог. 1 будет изменяться на лог. 0, который будет держаться на выходе до конца цикла. На выходе 12 будет при этом постоянно лог. 0. Длительность цикла также может быть переменной — от 2 до 13 периодов тактовых импульсов.

Основное же назначение микросхемы К155ИР17 — построение аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Схема, иллюстрирующая возможный вариант АЦП, приведена на рис. 20. К выходам 12—1 микросхемы подключен цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) DA1, старший разряд — 12, младший — 1. Компаратор DA2 сравнивает выходное напряжение ЦАП и преобразуемое в код входное напряжение.

Работа АЦП происходит следующим образом. Тактовый импульс 0 устанавливает, как уже указывалось, выход 12 микросхемы DD1 в 0, стальные выходы — в 1. В результате на вход ЦАП подается код 0111 ... 1, на его выходе формируется напряжение, равное половине преобразуемого диапазона входных напряжений. Компаратор DA2 сравнивает его со входным, и, если входное напряжение превышает напряжение с выхода ЦАП, как это показано на нижней диаграмме рис. 18, на его выходе появляется лог. 1. Тактовым импульсов 1 лог. 1 записывается в триггер микросхемы с выходом 12, это состояние триггера сохраняется до конца преобразования (диаграмма 12 рис. 18). Если входное напряжение меньше половины диапазона преобразования, в триггер с выходом 12 запишется лог. 0.

По окончании тактового импульса 1 на выходе 11 микросхемы DD1 появится лог. 0 и на ЦАП будет подан код 10111 ... 1 (для примера, показанного на рис. 18). В результате входное напряжение будет сравниваться с 3/4 преобразуемого диапазона входных напряжений. Если, как показано на рис. 18, входное напряжение больше, чем 3/4 диапазона, в триггер с выходом 11 будет записана 1, в противном случае — 0. Для описываемого примера в триггер регистра с выходом 11 импульс 2 запишет 1 и на ЦАП будет подан код 11011 ... 1. В результате входное напряжение будет сравниваться с $1/2+1/4+1/8=7/8$ полного диапазона и, если оно меньше этой величины, в триггере с выходом 10 пишется 0. По окончании такта 12 на выходах 12—1 микросхемы образуется двоичный 12-разрядный код преобразованного напряжения, для данного случая 110101 ... 1. Логический 0 на выходе P сигнализирует об окончании преобразования и может быть использован для переписи сформированного кода в регистр хранения. Если, как указывалось выше, выход P соединить со входом S, преобразование будет производиться циклически с периодом в 13 тактов входных импульсов.

В процессе преобразования на выход D0 микросхемы выдается сдвинутая на один период входных импульсов информации со входа D, являющаяся последовательным кодом преобразованного входного напряжения.

Разрядность АЦП может быть уменьшена использованием вместо выхода Р любого из выходов 11—1. Разрядность может быть увеличена, если микросхемы К155ИР17 соединить в соответствии с рис. 19 и использовать ЦАП соответствующей разрядности.

Микросхему К155ИР17 можно использовать также и для других операций, производимых методом последовательных приближений. Например, при наличии цифрового умножителя кодов можно построить устройство, извлекающее квадратные корни или производящее деление одного цифрового кода на другой. Для извлечения квадратного корня микросхема выдает «пробное» значение корня 011 ... 1, которое с помощью цифрового умножителя кодов возводится в квадрат и цифровым компаратором сравнивается с кодом числа, из которого надо извлечь корень. Далее работа происходит аналогично работе АЦП, в результате чего на выходе можно получить код квадратного корня. Аналогично можно производить деление или определение кода обратного числа.

Микросхема К155ИЕ1 является делителем частоты на 10. Цоколевка микросхемы приведена на рис. 21. Установка триггеров микросхемы в 0 осуществляется подачей лог. 1 одновременно на два объединенных по схеме И входа R. Рабочей полярностью входных счетных импульсов, подаваемых на входы С, является отрицательная. Импульсы могут подаваться или по отдельности на каждый из входов (на второй вход должен при этом подаваться уровень лог. 1), или одновременно на оба входа.

Одновременно с каждым десятым входным импульсом на выходе формируется равный ему по длительности выходной импульс отрицательной полярности. Многокаскадные делители частоты можно строить, соединяя входы С последующих каскадов с выходами предыдущих.

Микросхемы К155ИЕ2, К155ИЕ4 и К155ИЕ5 (рис. 22) содержат по четыре счетных триггера. В каждой ИС один из триггеров имеет отдельный вход С1 и прямой выход, три оставшиеся триггера соединены между собой так, что образуют делитель на 8 в ИС К155ИЕ5, на 6 в К155ИЕ4 и на 5 в К155ИЕ2. При соединении выхода первого триггера со входом С2 цепочки из трех триггеров образуются соответственно делители на 16, 12 и 10. Делители на 10 и 16 работают в коде 1—2—4—8, делитель на 12 — в конце 1—2—4—6.

Микросхемы имеют по два входа R установки в 0, объединенные по схеме И. Сброс (установка 0) триггеров производится при подаче уровней лог. 1 на оба входа R. Микросхема К155ИЕ2 имеет, кроме того, входы R9 для установки в состояние 9, при котором первый и последний триггеры декады находятся в единичном состоянии, остальные — в нулевом.

Наличие входов установки, объединенных по схеме И, позволяет строить делители частоты с различными коэффициентами деления в пределах 2—16 без

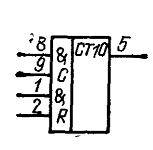


Рис. 21. Цоколевка микросхемы К155ИЕ1

Рис. 22. Цоколевка микросхем К155ИЕ2 (*а*), К155ИЕ4 (*б*), К155ИЕ5 (*в*)

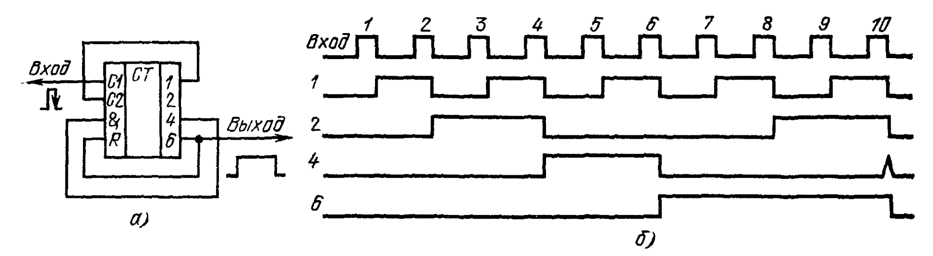


Рис. 23. Декада на микросхеме К155ИЕ4 (*а*) и диаграмма ее работы (*б*)

использования дополнительных логических элементов. На рис. 23 приведены схема декады на микросхеме К155ИЕ4 и ее временная диаграмма. До прихода десятого импульса декада работает как делитель частоты на 12. Десятый импульс переводит триггеры микросхемы в состояние 10, при котором на выходах 4 и 6 (выводы 9 и 8) микросхемы формируются уровни лог. 1. Эти уровни, поступая на входы R микросхемы, переводят ее в 0, в результате чего коэффициент пересчета микросхемы становится равным 10.

Для установки рассмотренной декады в 0 внешним сигналом необходимо введение в нее логических элементов И-НЕ (рис. 24).

В табл. 3 приведены номера выводов микросхемы, которые нужно соединить между собой для получения различных коэффициентов пересчета К.

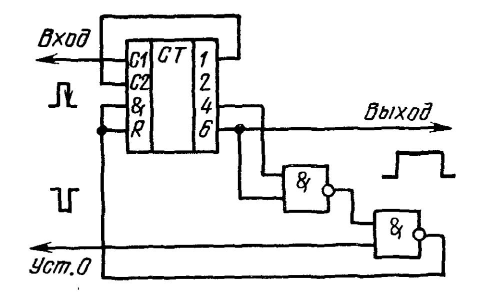
Таблица 3

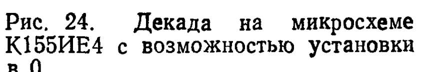
	К155ИЕ2			К155ИЕ4			К155ИЕ5		
К	**Вход**	**Выход**	Соединить выводы	**Вход**	**Выход**	Соединить выводы	**Вход**	**Выход**	**Соединить выводы**
2	14	12	—	14	12	—	14	12	—
3	1	8	9—2, 8—3	1	9	—	1	8	9—2, 8—3
4	1	8	11—2—3	1	8	11—6, 8—7	1	8	—
5	1	11	—	1	8	9—6, 8—7	1	11	9—2, 11—3
6	14	8	12—1, 9—2, 8—3	1	8	—	1	11	8—2, 11—3
7	14	11	12—1, 9—6, 8—7	14	8	12—1—6, 8—7	—	—	—
8	14	8	12—1, 11—2—3	14	8	12—1, 11—6, 8—7	1	11	—
9	14	11	12—1—2, 11—3	—	—	—	14	11	12—1—2, 11—3
10	14	11	12—1	14	8	12—1, 9—6, 8—7	14	11	12—1, 9—2, 11—3
12	—	—	—	—	—	—	14	11	—
16	—	—	—	14	8	12—1	14	11	12—1, 8—2, 11—3

Все делители, полученные соединением выводов микросхемы по табл. 3, работают по одному принципу — при достижении состояния, соответствующего необходимую коэффициенту пересчета, происходит установка счетчика в 0. Исключение составляет делитель на 7 на микросхеме К155ИЕ2. В этом делителе после подсчета шести импульсов на входах R9 формируются уровни лог. 1, поэтому из состояния 5 делитель сразу переходит в состояние 9, минуя 6, 7 и 8. Код работы этого делителя — невесовой.

Делители на микросхемах К155ИЕ5 и Е155ИЕ2 работают в весовом коде 1—2—4—8, код делителей на ИС К155ИЕ4 — 1—2—4—6 при использовании входа 14 и 1—2—3 при подаче входного сигнала на вход 1.

Микросхемы К155ИЕ6 и К155ИЕ7 — реверсивные счетчики. Первый из них — двоично-десятичный, второй — двоичный, оба работают в коде 1—2—4—8. Цо-




Рис. 24. Декада на микросхеме К155ИЕ4 с возможностью установки в 0

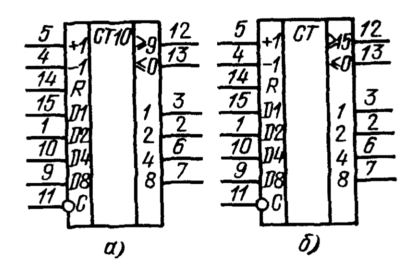


Рис. 25. Выводы микросхем К155ИЕ6 (*а*) и К155ИЕ7 (*б*)

колевка обеих микросхем одинакова (рис. 25), отличаются они тем, что первый считает до 10, второй — до 16.

Рассмотрим для примера микросхемы работу К155ИЕ6. В отличие от рассмотренных ранее счетчиков, эта микросхема имеет большее число выходов и входов. Входы +1 или —1 служат для подачи тактовых импульсов, +1 — при прямом счете, —1 — при обратном. Вход R служит для установки счетчика в 0, вход C — для предварительной записи в счетчик информации, поступающей по входам D1—D8.

Установка триггеров счетчика в 0 происходит при подаче уровня лог. 1 на вход R, при этом на входе C должен быть уровень лог. 1. Для предварительной записи в счетчик любого числа от 0 до 9 его следует подать на входы D1—D8 (D1 — младший разряд, D8 — старший), при этом на входах *R* и C должен быть лог. 0.

Режим предварительной записи может использоваться для построения делителей частоты с перестраиваемым коэффициентом деления для учета фиксированной частоты (например, 465 кГц) в цифровой шкале радиоприемника, Если этот режим не используется, на выходе C должен постоянно поддерживаться уровень лог. 1.

Прямой счет осуществляется при подаче отрицательных импульсов на вход +1, при этом на входах —1 и C должна быть лог. 1, на входе R — лог. 0. Переключение триггера счетчика происходит по спадам входных импульсов, одновременно с каждым десятым входным импульсом на выходе ≥9 формируется отрицательный выходной импульс переполнения, который может подаваться на вход +1 следующей микросхемы многоразрядного счетчика. Уровни на выходах 1—2—4—8 счетчика соответствуют состоянию счетчика в данный момент (в двоичном коде). При обратном счете входные импульсы подаются на вход —1, выходные импульсы снимаются с выхода ≤0. Пример временно́й диаграммы работы счетчика приведен на рис. 26.

Первый импульс установки в 0 устанавливает все триггеры счетчика в 0. Три следующих импульса, поступающих на вход +1, переводят счетчик в состояние 3, которому соответствуют лог. 1 на выходах 1 и 2 и 0 — на 4 и 8, Если на входах D1—D4 лог. 0, на входе D8 лог. 1, импульс на входе C устанавливает счетчик в состояние 8. Следующие шесть импульсов, поступающие на вход +1, переводят счетчик последовательно в состояния 9, 0, 1, 2, 3, 4. Одновременно с импульсом, переводящим счетчик в 0, на выходе ≥9 появляется

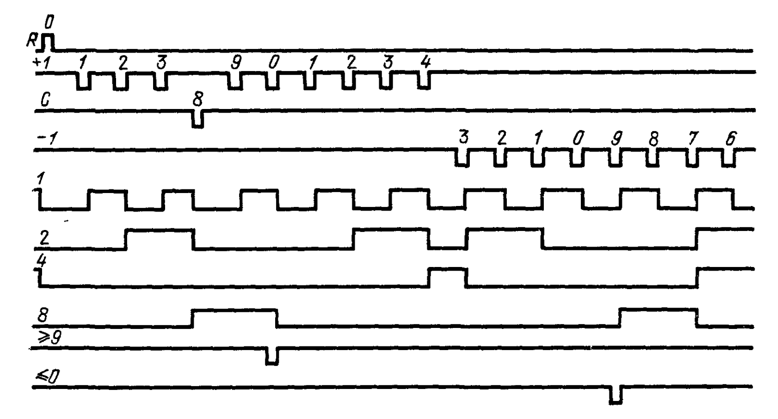


Рис. 26. Временна́я диаграмма работы ИС К155ИЕ6

выходной импульс прямого счета. Следующие импульсы, поступающие на вход —1, изменяют состояние счетчика в обратном порядке: 3, 2, 1, 0, 9, 8 и т. д. Одновременно с импульсом обратного счета переводящим счетчик в состояние 9, на выходе ⩽0 появляется выходной импульс.

В микросхеме К155ИЕ7 импульс на выходе ⩾15 появляется одновременно с импульсом на входе +1 при переходе счетчика из состояния 15 в состояние 0, а на выходе ⩽0 — при переходе счетчика из 0 в 15 одновременно с импульсом на входе —1.

Микросхему К155ИЕ8 обычно называют делителем частоты с переменным коэффициентом деления, однако это не совсем точно. Эта ИС содержит 6-разрядный двоичный счетчик, элементы совпадения, позволяющие выделять несовпадающие между собой импульсы, — каждый второй, каждый четвертый, каждый восьмой и т. д. и элемент собирания, который позволяет подавать на выход часть или все выделенные импульсы, в результате чего средняя частота выходных импульсов может изменяться от 1/64 до 63/64 частоты входных импульсов.

Цоколевка микросхемы приведена на рис. 27, пример временно́й диаграммы работы — на рис. 28. Для наглядности на рис. 27 вынесен логический элемент И-НЕ, входящий в микросхему. Интегральная микросхема имеет следующие входы: вход V — запрет счета, при подаче на который лог. 1 счетчик не считает,

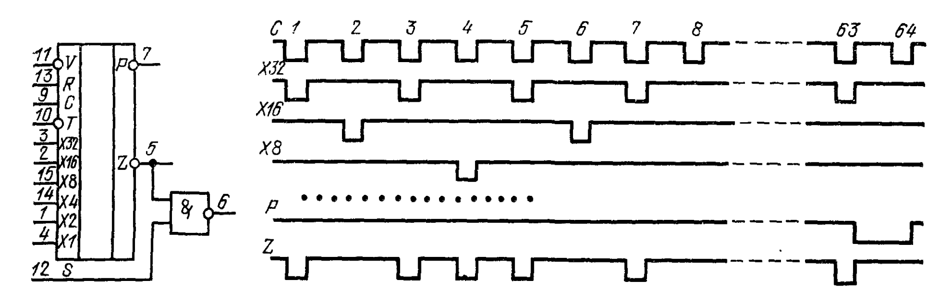


Рис. 27. Выводы микросхемы К155ИЕ8

Рис. 28. Временна́я диаграмма работы микросхемы К155ИЕ8

вход R — установки 0, установка триггеров счетчика в 0 происходит при подаче на него уровня лог. 1. Вход C — вход тактовых импульсов отрицательной полярности, переключение триггеров счетчика происходит по спадам входных импульсов. Входы X1—X32 позволяют управлять выдачей отрицательных выходных импульсов, совпадающих по времени со входными, на выход Z. На рис. 28 в качестве примера показано, какие импульсы выделяются на выходе Z при подаче лог. 1 на вход X32 (диаграмма X32), при подаче 1 вход X16 (диаграмма X16) и на вход X8 (диаграмма X8). В этих случаях на выходе Z выделяется соответственно 32, 16 или 8 равномерно расположенных импульсов. Если же одновременно подать лог. 1 на несколько входов, например на X32 и X8, то, как показано на диаграмме Z, на выходе Z выделится 40 импульсов, но расположенных неравномерно. В общем случае число импульсов N на выходе Z за период счета составит

$$N=32\cdot X32+16\cdot X16+8\cdot X8+4\cdot X4+2\cdot X2+X1,$$

где X1—X32 принимают значения соответственно 1 или 0 в зависимости от того, подан или нет уровень лог. 1 на соответствующий вход.

На выходе P выделяется отрицательный импульс, фронт которого совпадает со спадом 63-го тактового импульса, спад — со спадом 64-го. Этот импульс может использоваться при каскадном соединении интегральных микросхем К155ИЕ8. Вход T — вход стробирования, при подаче на него уровня лог. 1 выдача импульсов по выходе Z прекращается.

На рис. 29 приведена схема соединения двух делителей К155ИЕ8, позволяющая получать на выходе от 1 до 4095 импульсов при подаче на вход $4096=64^2$ импульсов. Число импульсов на выходе подсчитывается по формуле, аналогичной приведенной выше, в которой коэффициенты имеют значения от 2048 до 1. Если требуется соединить большее число делителей, их соединение производится аналогично рис. 29, однако выходной элемент И-НЕ, выполняющий функцию ИЛИ-НЕ для отрицательных импульсов, поступающих с выходов Z

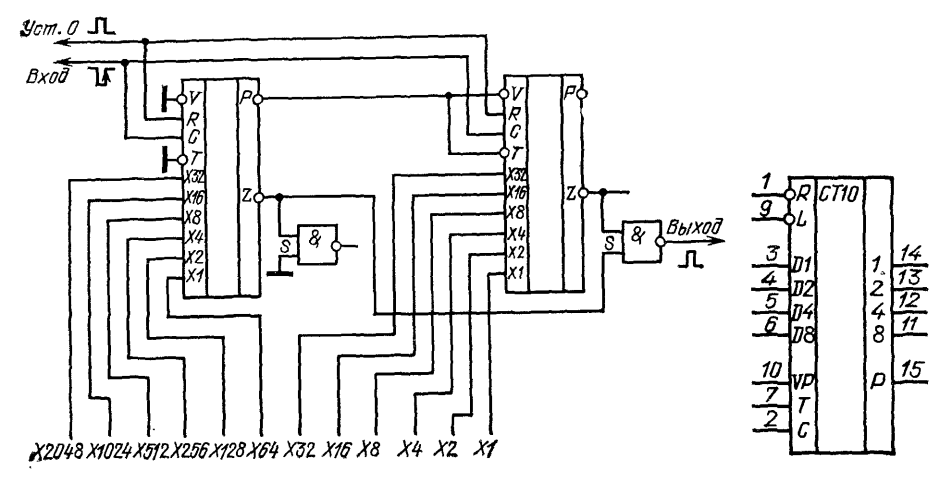


Рис. 29. Схема соединения двух микросхем К155ИЕ8

Рис. 30. Цоколевка микросхемы К155ИЕ9

делителей, необходимо использовать из отдельной логической микросхемы серии К155.

Микросхема К155ИЕ9 (рис. 30) — синхронный десятичный счетчик с возможностью параллельной записи информации по фронту тактового импульса.

У микросхемы девять входов. Подача лог. 0 на вход R независимо от состояния других входов приводит к установке триггеров микросхем в состояние 0. Для обеспечения режима счета на вход R необходимо подать лог. 1, тот же сигнал должен быть подан на входы разрешения параллельной записи L, разрешения счета T, разрешения выдачи сигнала переноса VP. Изменение состояния триггеров счетчика при счете происходит по спаду импульсов отрицательной полярности, подаваемых на вход C.

При подаче лог. 0 на вход L микросхема переходит в режим параллельной записи информации со входов D1—D8. Запись происходит по спадам импульсов отрицательной полярности на входе C, что позволяет использовать микросхему в режиме сдвигающего регистра. При записи на входе R должна быть лог. 1, сигналы на входах T и VP произвольны.

На выходе переноса P лог. 1 появляется в том случае, когда счетчик находится в состоянии 9, а на входе VP присутствует лог. 1, в остальных случаях и на выходе P — лог. 0 Подача лог. 0 на вход VP запрещает выдачу лог. 1 на выходе P и счет импульсов. Подача лог. 0 на вход T запрещает счет, но не запрещает выдачу сигнала переноса.

Сигнал запрета счета (лог. 1 на входах T или VP) действует лишь в том случае, если он полностью перекрывает по длительности импульс отрицательной полярности на входе C, в том числе он может совпадать с ним по времени.

Для обеспечения параллельной записи лог. 0 на вход L н информации на входы D1—D8 могут быть поданы как при лог. 1, так и при лог. 0 на входе C и удерживаться до момента перехода лог. 0 на входе C в лог. 1, когда и произойдет запись.

Для обеспечения счета с числа, введенного в микросхему при параллельной записи, лог. 0 на входе L должен быть изменен на лог. 1, или одновременно с переходом лог. 0 в лог. 1 на входе C, или при лог. 1 на входе C.

На рис. 31 приведена схема соединения микросхем К155ИЕ9 в многоразрядный синхронный счетчик. Неиспользуемые входы можно оставлять неподключенными — это не влияет на быстродействие счетчика. Максимальная часто-

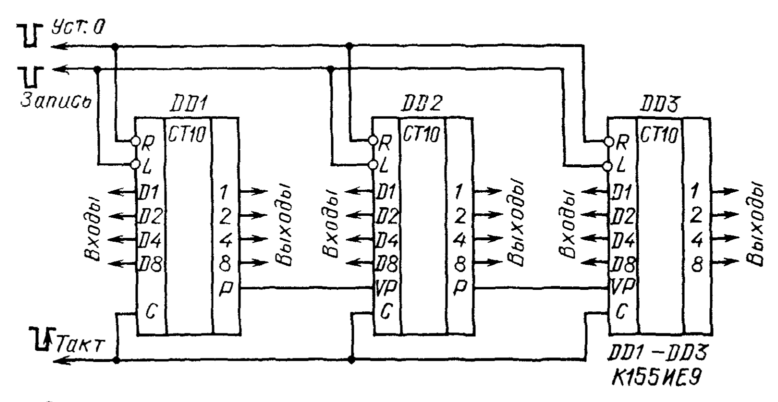


Рис. 31. Соединение микросхемы К155ИЕ9 в счетчик

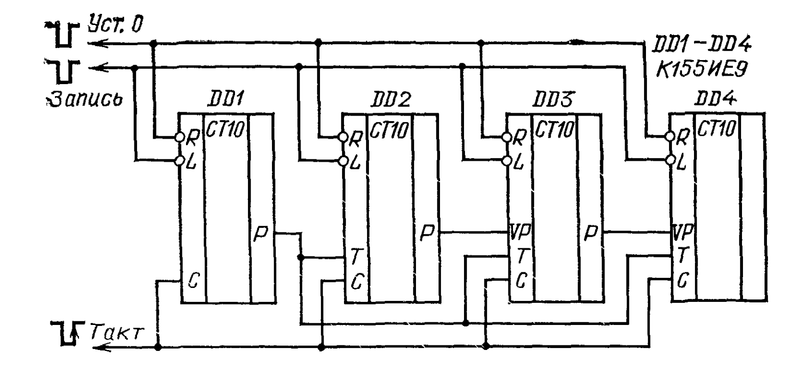


Рис. 32. Соединение микросхемы К155ИЕ9 для получения максимального быстродействия

та счетных импульсов для отдельной микросхемы — 25 МГц (реально до 40 МГц). Соединение микросхем по схеме рис. 31 снижает быстродействие счетчика, так как для его нормальной работы необходимо, чтобы сигнал переноса от младшего разряда прошел через все микросхемы до старшего разряда до подачи очередного тактового импульса. Для получения максимального быстродействия многоразрядного счетчика, равного быстродействию отдельной микросхемы, микросхемы можно соединить по схеме рис. 32.

В этом случае сигнал переноса с выхода P микросхемы DD1 разрешает работу остальных микросхем, соединенных в счетчик по схеме рис. 31, лишь в те моменты, когда микросхема DD1 находится в состоянии 9, поэтому от счетчика DD2—DD4 требуется быстродействие в 10 раз меньшее быстродействия микросхемы DD1, что обеспечивается при любой практически встречающейся длине счетчика.

Как уже указывалось выше, микросхемы К155ИЕ9 могут работать в режиме сдвигающего регистра. Для обеспечения такого режима необходимо входы D1—D8 соединить с выходами 1-2-4-8 в необходимом порядке. Для сдвига информации на один двоичный разряд по каждому тактовому импульсу в сторону старших разрядов соединение необходимо произвести в соответствии с рис. 33, для сдвига в сторону младших разрядов — в соответствии с рис. 34. Для обеспечения динамической индикации удобно сдвигать информацию сразу на один десятичный разряд, а сдвигающий регистр замыкать в кольцо. Такая возможность проиллюстрирована на рис. 35.

На рис. 35 не показаны цепи подачи импульсов и управляющих сигналов, которые могут быть выполнены в соответствии с рис. 31 или 32. Роль входа разрешения сдвига выполняет вход Запись. Естественно, что при соединении микросхем в соответствии с рис. 33—35 параллельная запись информации в микросхемы невозможна.

Микросхемы К155ИЕ9 удобно использовать в делителе с переключаемым коэффициентом пересчета. Для получения указанного режима достаточно сигнал переноса старшего разряда одноразрядного или многоразрядного счетчика через инвертор подать на вход разрешения записи, а на входы D1—D8 подать код, определяющий коэффициент пересчета (рис. 36).

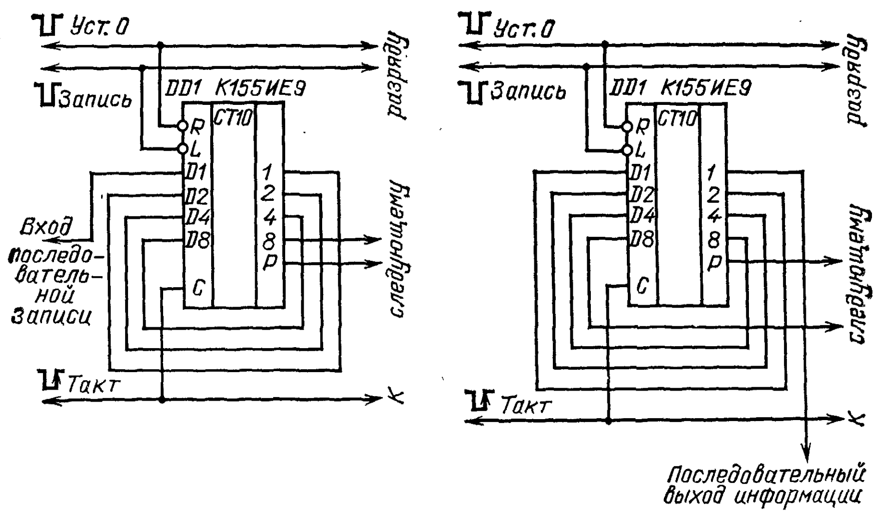


Рис. 33. Счетчик с возможностью сдвига в сторону старших разрядов

Рис. 34. Счетчик с возможностью сдвига в сторону младших разрядов

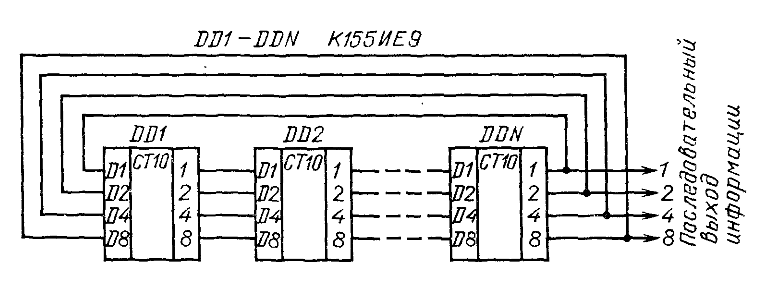


Рис. 35. Счетчик со сдвигом на декаду

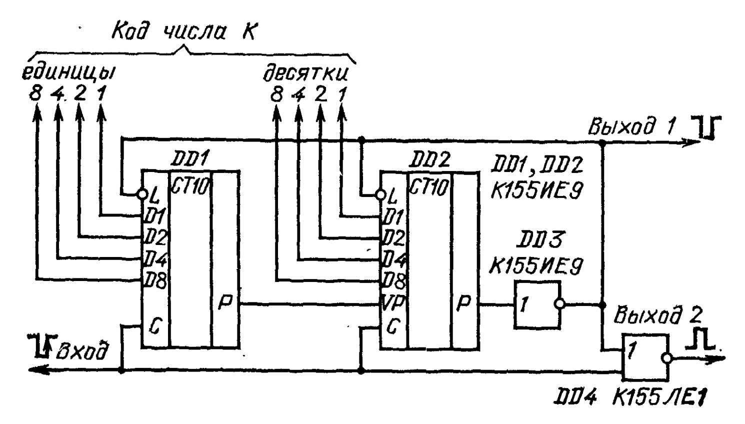
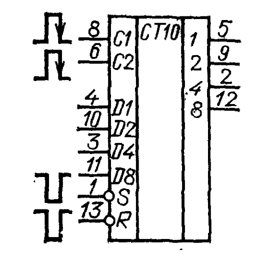


Рис. 36. Делитель с управляемым коэффициентом деления

Рис. 37. Цоколевка микросхемы К155ИЕ14



При установке счетчика в процессе счета в состояние 99 ... 9 счетчик перейдет в режим параллельной записи и при подаче следующего тактового импульса вместо перехода в состояние 00 ... 0 произойдет запись параллельного кода, поданного на входы D1—D8 микросхем. В результате общий коэффициент пересчета N уменьшится на величину К, соответствующую численному значению этого кода, и составит

$$N=10^{м}-К,$$

где м — число микросхем в делителе.

Для выхода 2 коэффициент пересчета может меняться от 1 до $10^{м}$, длительность выходных импульсов положительной полярности равна длительности входных. Для выхода 1 коэффициент пересчета — от 2 до $10^{м}$, длительность импульсов отрицательной полярности равна периоду входных импульсов.

Если делитель собран по схеме рис. 32, инвертор DD3 необходимо заменить на двувходовый элемент И-НЕ, второй вход которого подключить к выходу переноса Р первой микросхемы делителя.

Микросхема К155ИЕ14 (рис. 37) во многом напоминает микросхему К155ИЕ2. Она также содержит счетный триггер со входом С1 и делитель частоты на пять со входом С2.

При соединении выхода 1 счетного триггера (вывод 5) со входом С2 образуется двоично-десятичный счетчик, работающий в коде 1-2-4-8. Срабатывание триггера и делителя на пять происходит по спадам импульсов положительной полярности.

Различие с микросхемой К155ИЕ2 заключается в полярности импульсов сброса — триггеры микросхемы К155ИЕ14 устанавливаются в нуль при подаче на вход R лог. 0. Кроме того, в микросхеме К155ИЕ14 есть возможность предварительной установки триггеров счетчика. Для установки триггеров необходимый код следует подать на входы D1—D8, а на вход S — импульс отрицательной полярности. При лог. 0 на входе S сигналы на выходах 1-8 повторяют сигналы на входах D1—D8, при лог. 1 происходит запоминание и возможен счетный режим работы микросхемы.

Микросхему удобно применять в счетчиках с предварительной установкой, например в цифровых шкалах радиоприемников и трансиверов с учетом промежуточной частоты.

Интегральные микросхемы комбинационного типа средней степени интеграции

Среди микросхем комбинационного типа наиболее широко используются дешифраторы, представленные в рассматриваемой серии микросхемами К155ИД1, К155ИД3, К155ИД4 и К155ИД10.

Дешифратор К155ИД3 (рис. 38) имеет четыре адресных входа 1, 2, 4, 8, два входа стробирования А1 и А2 и 16 выходов 0—15. Если на обоих входах стробирования уровни лог. 0, на том из выходов, номер которого соответствует

Рис. 38. Выводы микросхемы К155ИД3

Рис. 39. Дешифратор на 32 выхода

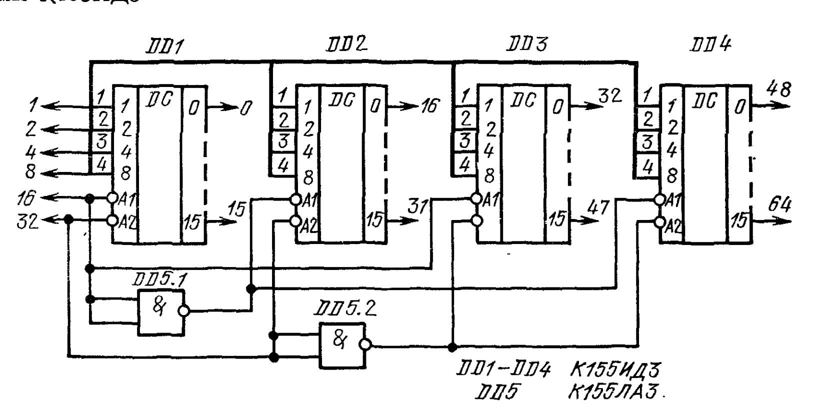


Рис. 40. Дешифратор на 64 выхода

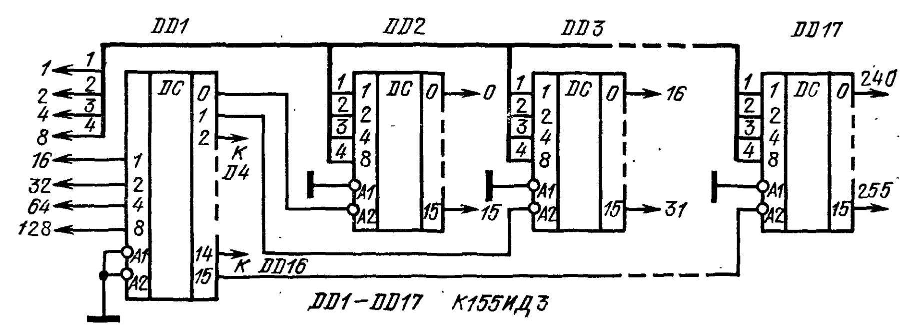


Рис. 41. Дешифратор на 256 выходов

двоичному эквиваленту входного кода (вход 1 — младший разряд, вход 8 — старший), будет уровень лог. 0, на остальных выходах — лог. 1. Если хотя бы на одном из входов стробирования А1 и А2 уровень лог. 1, то независимо от состояний входов на всех выходах микросхемы формируется лог. 1.

Наличие двух входов стробирования существенно расширяет возможности использования микросхемы. Из двух микросхем К155ИД3, дополненных одним ТТЛ-инвертором, можно собрать дешифратор на 32 выхода (рис. 39), дешифратор на 64 выхода собирается из четырех микросхем К155ИД3 и двух инверторов (рис. 40), а на 256 выходов — из 17 ИС К155ИД3 (рис. 41).

Интегральная микросхема К155ИД4 (рис. 42) содержит два дешифратора на четыре выхода каждый с объединенными адресными входами и раздельными входами стробирования. Уровень лог. 0 на выходах первого (верхнего по схеме) дешифратора формируется (аналогично К155ИД3) лишь при наличии на обоих стробирующих входах уровня лог. 0. Соответствующим условием для второго дешифратора является наличие на одном из его входов стробирования уровня лог. 1 (вывод 1), а на другом — лог. 0 (вывод 2). Такая структура ИС позволяет использовать ее в различных вариантах включения. На основе ИС К155ИД4

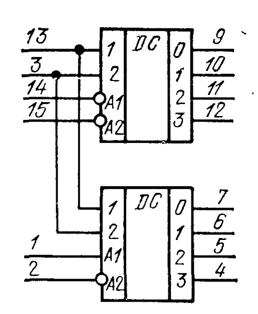


Рис. 42. Схема микросхемы К155ИД4

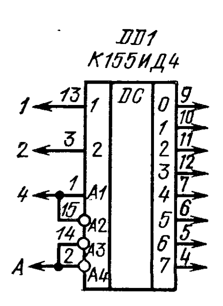


Рис. 43. Дешифратор на 8 выходов со стробированием

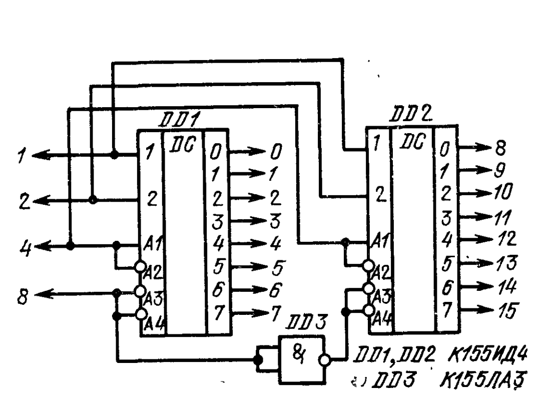


Рис. 44. Дешифратор на 16 выходов

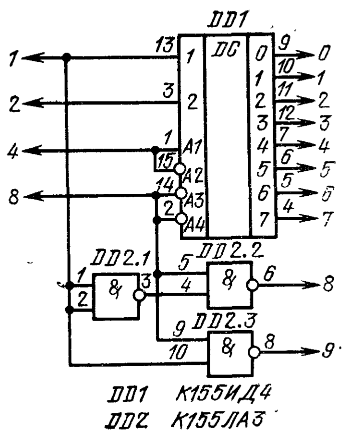


Рис. 45. Дешифратор на 10 выходов

могут быть построены, в частности, дешифраторы на восемь выходов со входом стробирования (рис. 43) и на 16 выходов (рис. 44). На девяти ИС К155ИД4 можно собрать дешифратор на 64 выхода по схеме, подобный рис. 41. Если дополнить микросхему К155ИД4 тремя элементами 2И-НЕ, можно получить дешифратор на 10 выходов (рис. 45).

Описанные двоичные дешифраторы являются полными: любому состоянию адресных входов соответствует нулевое состояние некоторого единственного выхода. В ряде случае, например при двоично-десятичном представлении чисел, удобно использовать неполные дешифраторы, в которых число выходов меньше числа возможных состояний адресных входов. В частности, двоично-десятичный дешифратор содержит десять выходов и не меньше четырех входов. На основе полного дешифратора всегда можно построить неполный на меньшее число входов.

Однако ввиду широкого использования в устройствах индикации двоично-десятичных дешифраторов в состав серии К155 специально включен двоично-десятичный дешифратор К155ИД1 с высоковольтным выходом (рис. 46). Дешифратор имеет четыре входа, которые могут подключаться к выходам любого источника кода 1—2—4—8, и десять выходов, которые могут подключаться к катодам газоразрядного цифрового или знакового индикатора, анод которого через резистор сопротивлением 22 ... 91 кОм подключен к плюсу источника постоянного или пульсирующего напряжения 200 ... 300 В.

Для получения дешифратора к микросхеме К155ИЕ4, включенной в режим деления на 10 с кодом 1—2—4—6, схема приведена на рис. 47.

Для подключения микросхемы К155ИД1 к выходам декады на микросхеме К155ТМ2 (см. рис. 9) необходим дополнительный элемент И, в качестве которого могут быть использованы два любых маломощных диода (рис. 48) или 1/4 часть интегральной микросхемы К155ЛИ1.

Для подключения микросхемы К155ИД1 ко входам других ТТЛ-микросхем серии К155 следует принять дополнительные меры по согласованию уровней, поскольку техническими условиями на микросхеме К155ИД1 гарантируется выходное напряжение в состоянии лог. 0 не более 2,5 В, что превышает порог переключения ТТЛ-микросхем, составляющий около 1,3 В. Практически выходное напряжение микросхемы К155ИД1 в состоянии 0 может быть несколько

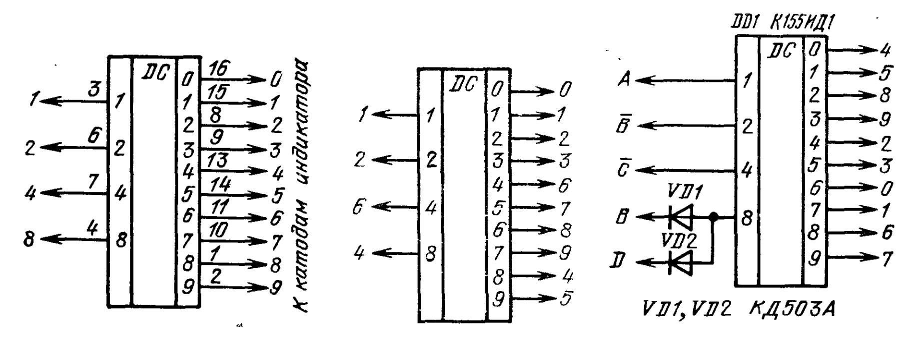


Рис. 46. Цоколевка микросхемы К155ИД1

Рис. 47. Подключение микросхемы К155ИД1 к декаде на микросхеме К155ИЕ4

Рис. 48. Подключение микросхемы К155ИД1 к декаде на микросхемах К155ТМ2

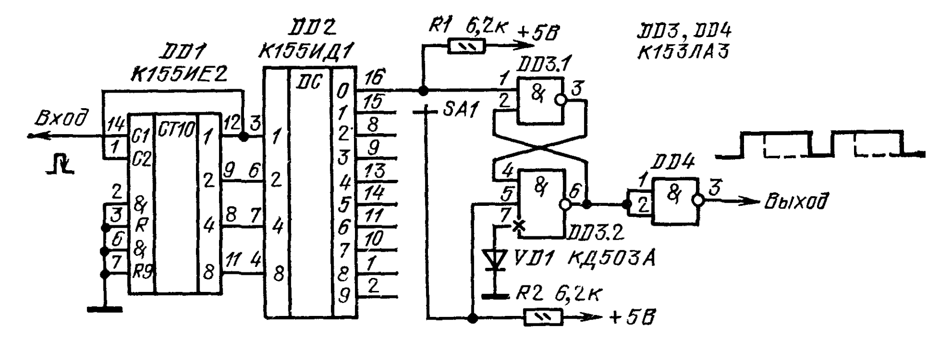


Рис. 49. Делитель частоты на 10 с переключаемой скважностью

выше или ниже порога переключения, поэтому для надежной работы микросхемы — нагрузки в минусовую цепь питания этой микросхемы — следует включить кремниевый диод. Такое включение повысит порог переключения микросхемы примерно до 2 В, что обеспечит ее согласование с дешифратором К155ИД1. Кроме того, при этом поднимется выходной уровень лог. 0. микросхемы примерно до 0,9 В, что вполне допустимо для нормальной работы последующих микросхем.

На рис. 49 приведена схема делителя частоты на 10 с переключаемой в пределах 10—1,1 скважностью выходных импульсов, иллюстрирующая описанные выше правила согласования дешифратора К155ИД1 с ТТЛ-микросхемами.

Микросхема К155ИД10 (рис. 50) — дешифратор двоично-десятичного кода 1—2—4—8. Так же, как и микросхема К155ИД1, она имеет четыре адресных входа 1, 2, 4, 8 и десять выходов 0—9 с «открытым» коллектором. При подаче на входы 1, 2, 4, 8 кода чисел от 0 до 9 на том выходе, номер которого соответствует двоичному эквиваленту входного кода, появляется лог. 0, на остальных выходах — лог. 1. При входных кодах, соответствующих числам от 10 до 15, на всех выходах — лог. 1.

Максимально допустимое напряжение, которое можно подвести к выходу, находящемуся в состоянии лог. 1, составляет 15 В. Выходное напряжение лог. 0 при втекающем токе 20 мА не превышает 0,4 В, при токе 80 мА — не более 0,9 В.

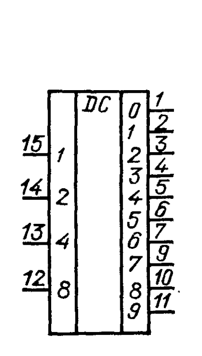


Рис. 50. Выводы микросхемы К155ИД10

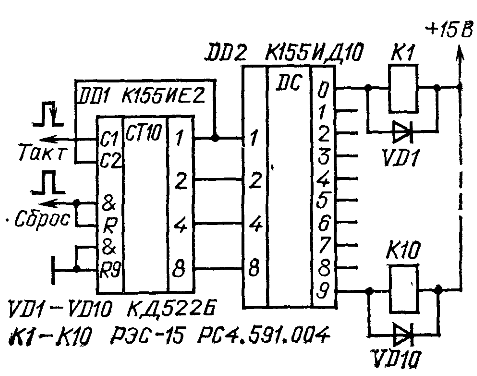


Рис. 51. Распределитель с релейными выходами

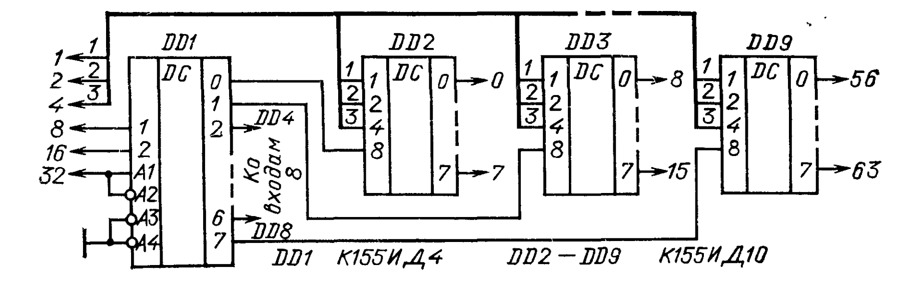


Рис. 52. Дешифратор на 64 выхода

Указанные выходные параметры позволяют применять микросхему К155ИД10 при построении распределителей с релейными выходами (рис. 51). При необходимости увеличения числа выходов стробирование микросхемы можно осуществлять по входу 8. Для примера на рис. 52 приведена схема дешифратора на 64 выхода.

Отметим, что в соответствии с рис. 52 можно при необходимости соединять микросхемы К155ИД1.

Микросхема К155ИВ1 — приоритетный шифратор (рис. 53) и решает задачу, обратную дешифраторам. Она имеет восемь информационных входов 0—7 и вход разрешения V. Выходов у микросхемы пять: три инверсных выхода выходного кода 1, 2, 4, выход признака подачи входного сигнала C, выход переноса P.

Если на всех информационных входах микросхемы лог. 1, на выходах 1, 2, 4, G — лог. 1, на выходе P — лог. 0. При подаче лог. 0 на любой из информационных входов 0—7 на выходах 1, 2, 4 появится инверсный код, соответствующий номеру входа, на который подан лог. 0, на выходе G — лог. 0, что является признаком подачи входного сигнала, на выходе P — лог. 1, которая запрещает работу других микросхем К155ИВ1 при их каскадном соединении.

Если лог. 0 будет подан на несколько информационных входов микросхемы, выходной код будет соответствовать входу с большим номером.

Так, работа микросхемы происходит при подаче на вход V лог. 0. Если же на входе V лог. 1 (запрет работы), на всех шести выходах микросхемы лог. 1.

Две микросхемы К155ИВ1 можно соединить по схеме рис. 54 для получения приоритетного шифратора на 16 входов.

Если лог. 0 подан на один из входов 0—7, на выходах DD3 появятся младшие разряды прямого выходного кода, а на выходе G DD1 — лог. 0, определяющий разряд 8 выходного кода, на выходе P — лог. 1, являющаяся признаком подачи входного сигнала. Если лог. 0 подать на один из входов 8—15, лог. 1 с выхода P DD2 запретит работу DD1, младшие разряды на выходах DD3 определяется DD2, на выходе 8 выходного кода будет лог. 1.

Таким образом, с выходов 1, 2, 4, 8 устройства по схеме рис. 54 можно снять прямой код, соответствующий номеру входа, на который подан лог. 0.

Рис. 53. Цоколевка микросхемы К155ИВ1

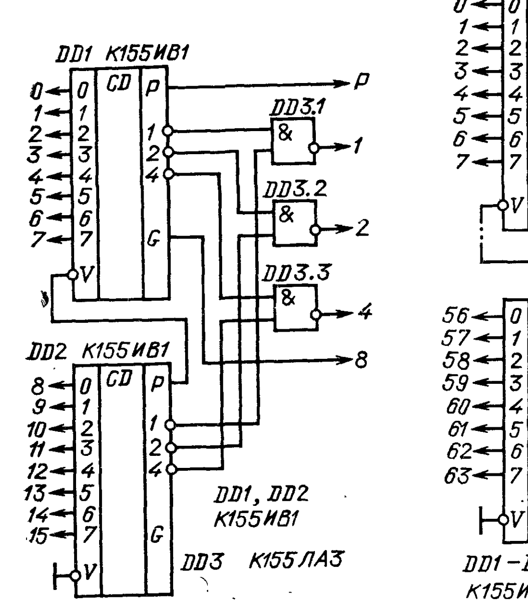


Рис. 54. Соединение двух микросхем К155ИВ1

Рис. 55. Шифратор на 64 входа

Микросхемы К155ИВ1 можно соединять для получения большего числа входов. В этом случае выходы переноса микросхем с большими номерами следует соединить со входами запрета микросхем с меньшими номерами, выходы 1, 2, 4 следует через многовходовые элементы И-НЕ подключить к выходам устройства — это будут младшие разряды выходного кода. Выходы G микросхем К155ИВ1 следует соединить со входами 0—7 еще одной микросхемы К155ИВ1, с выходов которой можно будет снять старшие разряды кода и признак подачи входного сигнала G (рис. 55). В схемах рис. 54 и 55 сохраняется свойство приоритетности шифраторов — при одновременной подаче лог. 0 на несколько входов выходной код всегда соответствует входу с наибольшим номером.

Для коммутации двоичных сигналов используются так называемые мультиплексоры, представленные в серии К155 микросхемами К155КП1, К155КП2, К155КП5 и К155КП7.

Мультиплексор К155КП7 имеет восемь информационных входов D0—D7, три адресных входа 1, 2, 4 и вход стробирования A (рис. 56). У микросхемы два выхода — прямой и инверсный. Если на входе стробирования лог. 1 на прямом выходе 0 независимо от сигналов на других входах. Если на входе стробирования микросхемы лог. 0, сигналы на прямом выходе повторяет сигнал на том входе, номер которого совпадает с двоичным эквивалентом кода на входах 1, 2, 4 мультиплексора. На инверсном выходе сигнал всегда противофазен сигналу на прямом выходе.

Наличие входа стробирования позволяет простыми средствами строить мультиплексоры на большее число входов. На рис. 57 приведена схема мультиплексора на 16 входов, на рис. 58 — на 64.

Рис. 56. Выводы микросхемы К155КП7

Рис. 57. Мультиплексор на 16 выходов

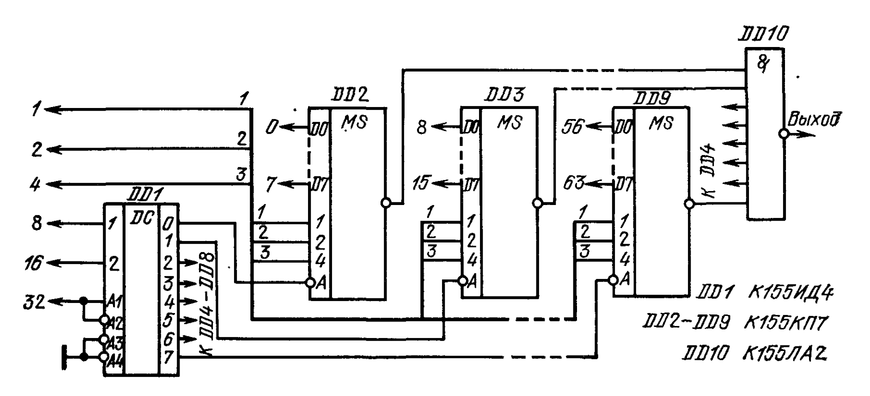


Рис. 58. Мультиплексор на 64 входа

Мультиплексор К155КП5 (рис. 59), в отличие от К155КП7, имеет лишь инверсный выход и не имеет входа стробирования.

Интегральная микросхема К155КП1 (рис. 60) содержит четыре адресных входа 1, 2, 4, 8; 16 информационных входов D0—D15 и вход стробирования А. Выход у этой микросхемы только инверсный. Все свойства и способы включения у нее такие же, как и у К155КП2.

Микросхема К155КП2 (рис. 61) содержит два мультиплексора на четыре информационных входа D0—D3 с отдельными входами стробирования, объединенными адресными входами и прямыми выходами.

Как известно, основная операция, производящаяся в цифровых вычислительных машинах, — сложение. Все другие арифметические операции — вычитание,

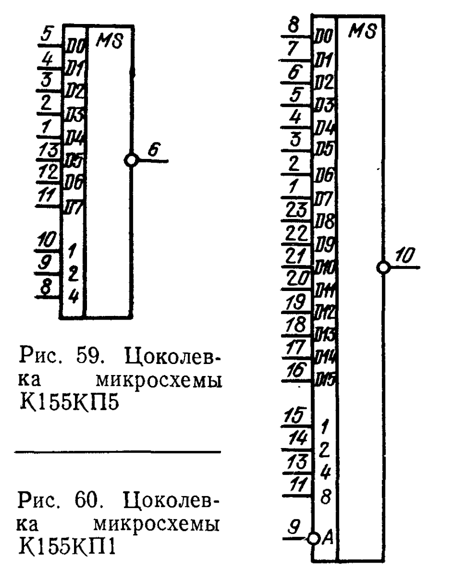


Рис. 59. Цоколевка микросхемы К155КП5

Рис. 60. Цоколевка микросхемы К155КП1

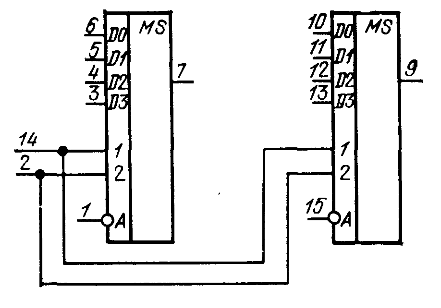


Рис. 61. Схема микросхемы К155КП2

умножение, деление — сводятся к сложению. Операция сложения двоичных чисел производится с использованием сумматоров, полусумматоров и сумматоров по модулю 2.

В состав серии микросхем К155 входят два типа сумматоров по модулю 2 — К155ЛП5 и К155ИП2. Микросхема К155ЛП5 (рис. 62) — четыре независимых сумматора по модулю 2 (другое название — элемент Исключительное ИЛИ). Каждый из этих элементов работает следующим образом. Если на обоих входах элемента, например 1 и 2, уровень лог. 0 — на выходе 3 логический 0. Если на одном из входов лог. 0, на другом лог. 1, на выходе — 1, если на обоих входах — 1, на выходе 0.

В состав микросхемы К155ИП2 (рис. 63) входят восьмивходовый сумматор по модулю 2, обозначенный SM2, инвертор и два логических элемента И-ИЛИ-НЕ. Восьмивходовый сумматор по модулю 2 работает аналогично двухвходовому: если на его входах четное число сигналов с уровнем лог.1, на выходе лог. 0, если число единиц на входах нечетное, на выходе 1. Остальные элементы микросхемы позволяют объединять микросхемы между собой для увеличения числа входов. При подаче уровня лог. 1 на вход 3, лог. 0 на вход 4, уровень на выходе 5 будет соответствовать выходному уровню сумматора SM2, на выходе 6 — его инверсии. Если уровни на входах 3 и 4 изменить на противоположные, уровни на выходах 5 и 6 изменятся на противоположные.

Рис. 62. Цоколевка микросхемы К155ЛП5

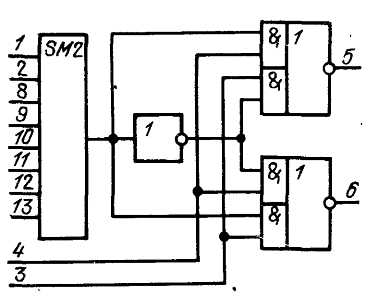


Рис. 63. Схема микросхемы К155ИП2

Напомним основные свойства двоичных сумматоров. Каждый разряд двоичного сумматора (его иногда называют полным сумматором) имеет три входа — два входа A и B для слагаемых, вход сигнала переноса от предыдущего разряда C и два выхода — суммы S и сигнала переноса P в следующий разряд. Работа сумматора иллюстрируется табл. 4. Входы A, B, C, вообще говоря, рав-

Таблица 4

Входы			Выходы		Входы			Выходы	
A	B	C	S	P	A	B	C	S	P
0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
1	0	0	1	0	1	0	1	0	1
0	1	0	1	0	0	1	1	0	1
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1

ноправны. Сигнал суммы S принимает значение лог. 1 при нечетном числе единиц на входах A, B и C лог. 0 при четном, как и в рассмотренных выше сумматорах по модулю 2. Сигнал переноса P равен лог. 1 при числе единиц на входах, равном 2 или 3. Интересным свойством табл. 3 является ее симметрия: замена 0 на 1 и наоборот не нарушает ее истинности. Это свойство используется для упрощения схем сумматоров.

Микросхемы К155ИМ1, К155ИМ2 и К155ИМ3 — соответственно одноразрядный, двухразрядный и четырехразрядный полные сумматоры. На рис. 64 приведена схема ИС К155ИМ1. Ее основу составляют два многовходовых элемента И-ИЛИ-НЕ. Сигнал переноса (инверсный) формируется на выходе P, если хотя бы на двух входах сумматора присутствует уровень лог. 1. Если A=B=1, включается нижний элемент И DD6, если A=C=1, включается средний элемент DD1, при B=C=1 включается верхний элемент. Сигнал переноса формируется, конечно, и при A=B=C=1. Сигнал суммы формируется в случае, если A=B==C=1 и включаются нижний логический элемент DD5. Сигнал суммы формируется также и в том случае, когда есть хотя бы одна единица на входах A, B,

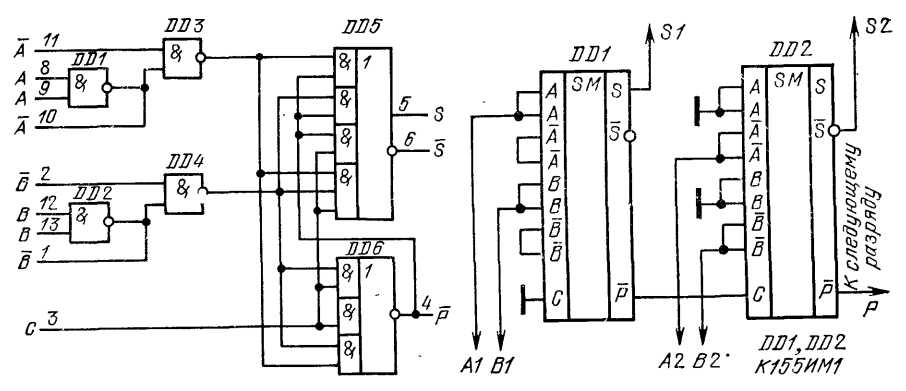


Рис. 64. Схема микросхемы К155ИМ1

Рис. 65 Схема соединения микросхемы К155ИМ1 в двухразрядный сумматор

С и нет сигнала на выходе переноса ($\overline{P}$=1, включается один из трех верхних элементов И DD5). Поскольку сигнал переноса формируется в том случае, когда среди входных сигналов число единиц две или три, второй случай формирования сигнала суммы соответствует одной и только одной единице среди входных сигналов. Если на всех входах сигналы отсутствуют (A=B=C=0), выходные сигналы также отсутствуют: S=0, $\overline{P}$=1 (P=0).

Входные сигналы A и B могут быть поданы не только в прямом коде (входы 8 и 9 для A, 12 и 13 для B), но и в инверсном (входы 11 для A и 2 для B). При использовании инверсных входных сигналов входы 8, 9, 12 и 13 следует соединить с общим проводом, а при использовании прямых сигналов — попарно соединить выводы 10 и 11, 1 и 2.

Элементы DD1 и DD2 микросхемы имеют открытый коллекторный выход, поэтому выводы 10 и 1 могут использоваться или как выходы элементов DD1 и DD2, или как входы, превращающие элементы DD1 и DD2 типа И-НЕ в элементы И-ИЛИ-НЕ подключением к этим выводам выходов микросхем К155ЛА8. В любом случае использования выводов 10 и 1 между ними и плюсом питания необходимо включать резисторы 1 ... 2 кОм.

При соединении микросхем К155ИМ1 в многоразрядный сумматор (рис. 65) используется описанное выше свойство симметрии полного сумматора относительно замены входных и выходных сигналов инверсными. В первом разряде входные сигналы подаются на прямые входы микросхемы DD1, выходной сигнал суммы снимается с прямого выхода S, сигнал переноса — с единственного (инверсного) выхода $\overline{P}$. На второй разряд сумматора входные сигналы A и B подаются на инверсные входы, на прямой вход C подается инверсный сигнал переноса с первого разряда, выходной прямой сигнал суммы формируется на инверсном выходе $\overline{S}$, выходной прямой сигнал переноса — на инверсном выходе $\overline{P}$. Третий разряд сумматора работает так же, как и первый, четвертый — как второй и т. д.

Такое чередование режима работы одноразрядных сумматоров обеспечивает минимальную задержку распространения сигнала в самой длинной цепи — в цепи формирования сигнала переноса.

Микросхема К155ИМ2 (рис. 66) представляет собой объединение двух микросхем К155ИМ1, соединенных в соответствии с рис. 65 с исключенными неиспользуемыми инверторами. Микросхема К155ИМ3 (рис. 67) соответствует двум

Рис. 66. Цоколевка микросхемы К155ИМ2

Рис. 67. Цоколевка микросхемы К155ИМ3

Рис. 68. Выводы микросхемы К155ПП5

Рис. 69. Стандартное обозначение сегментов семисегментного индикатора

Рис. 70. Цифры, индицируемые на семисегментном индикаторе

микросхемам К155ИМ2, в которых выход переноса первой ИС соединен со входом С второй.

Микросхема К155ПП5 — преобразователь двоично-десятичного кода в код семисегментного индикатора (рис. 68) и может применяться совместно с полупроводниковыми индикаторами с общим анодом, например, АЛ305А или АЛС324Б. Для нормирования тока элементов индикатора между его катодами и выходами микросхемы следует включить ограничительные резисторы, сопротивление которых определяется в соответствии с рабочим током индикатора. Вход S микросхемы может использоваться для гашения индикатора, которое происходит при подаче на этот вход лог. 1, индикация осуществляется при лог. 0.

На рис. 69 приведено стандартное обозначение сегментов семисегментных индикаторов, а на рис. 70 — форма индицируемых знаков.

Микросхемы КМ155ИД8А, КМ155ИД8Б, КМ155ИД9 — преобразователи двоично-десятичного кода 1—2—4—8 в коды работы индикаторов, состоящих из 27 отдельных светодиодов (КМ155ИД8, рис. 71) и из 20 светодиодов (КМ155ИД9, рис. 72). Микросхемы имеют по 4 входа, предназначенных для подачи входного кода, число выходов микросхемы КМ155ИД8 составляет 18, у микросхемы КМ155ИД9 — 13 выходов.

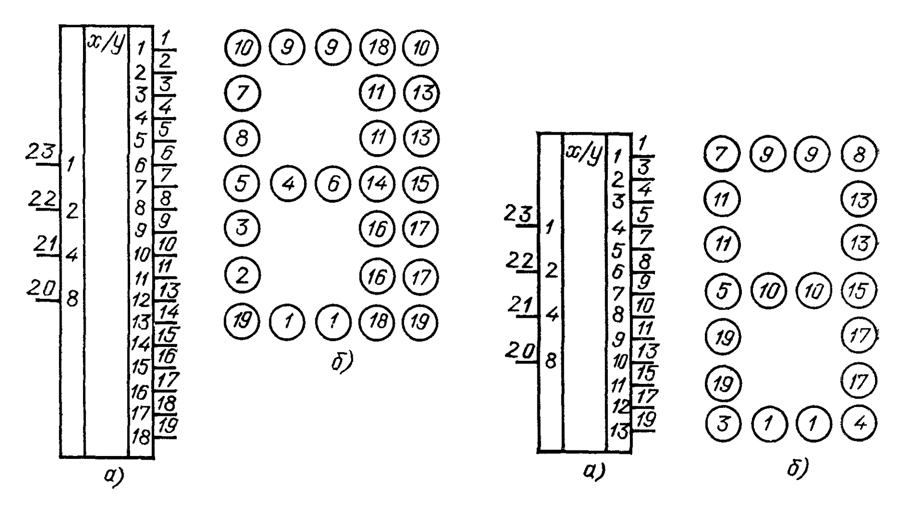


Рис. 71. Выводы микросхемы К155ИД8 (*а*) и подключение ее выводов к светодиодам индикатора (*б*)

Рис. 72. Выводы микросхемы К155ИД9 (*а*) и подключение ее выводов к светодиодам индикатора (*б*)

К каждому выходу микросхем должны быть подключены или один, или два последовательно включенных светодиода, соединенные с источником питания +5 В. На рис. 71,*б* и 72,*б* на элементах индикаторов указаны номера выводов микросхем, к которым должны быть подключены светодиоды индикаторов. Микросхемы выполнены с «открытым» коллекторным выходом и содержат ограничительные резисторы двух номиналов — для выходов, стыкуемых с двумя последовательно включенными светодиодами, номинал ограничительного резистора меньше, что обеспечивает одинаковый ток через все светодиоды индикатора — 10 мА для микросхем КМ155ИД8А и КМ155ИД9 и 15 мА для КМ155ИД8Б.

Для входных кодов чисел от 0 до 9 на светодиодах индицируются соответствующие цифры, для кода числа 10 — знак «—», для кода числа 11 — буква Е. Для кода чисел от 12 до 15 все светодиоды индикаторов погашены.

Микросхема КМ155ИД9 может быть использована и с обычными полупроводниковыми семисегментными индикаторами с общим анодом, аналогично К155ПП5 (рис. 73). В отличие от использования микросхемы К155ПП5 не требуется ограничительных резисторов и добавляется возможность индикации знака «—» и буквы Е.

При необходимости можно увеличить число диодов в индикаторах, управляемых от микросхемы КМ155ИД9 от 27 (рис. 74,*а*) и до 34 (рис. 74,*б*). В этом случае напряжение питания цепочек из трех светодиодов должно быть увеличено до 7 В, а для четырех светодиодов — до 9 В. Одиночные светодиоды должны быть по-прежнему подключены к источнику питания +5 В.

Для индикации знаков на 35-элементных индикаторах и дисплеях могут использоваться интегральные микросхемы К155РЕ21, К155РЕ22, К155РЕ23, К155РЕ24.

Микросхема К155РЕ21 служит для воспроизведения русских букв (за исключением Ъ), микросхема К155РЕ22 — букв латинского алфавита, буквы Ъ и некоторых знаков, микросхема К155РЕ23 — цифр и различных знаков (см. табл. 5). Каждая из этих микросхем содержит основную часть необходимой информации, недостающая часть содержится в микросхеме К155РЕ24.

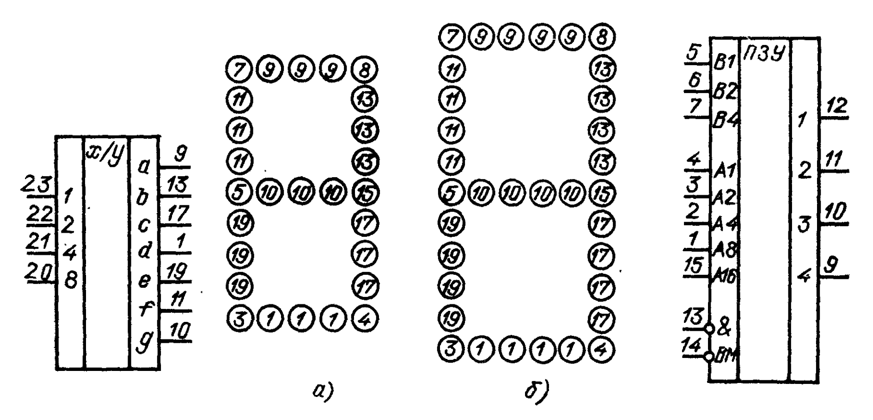


Рис. 73. Микросхема К155ИД9 как преобразователь кода для семисегментного индикатора

Рис. 74. Подключение выводов микросхемы К155ИД9 к индикатору из 27 светодиодов (*а*) и 34 светодиодов (*б*)

Рис. 75. Выводы микросхем К155РЕ21, К155РЕ22, К155РЕ23, К155РЕ24

Таблица 5

Номер	Адрес					Индицируемый знак для микросхемы		
	A16	A8	A4	A2	A1	К155РЕ21	К155РЕ22	К155РЕ23
						A32=1, A64=0	A31=0, A64=1	A32=A64=1
0	0	0	0	0	0	Ю	@	Пробел
1	0	0	0	0	1	А	A	!
2	0	0	0	1	0	Б	B	" кавычки
3	0	0	0	1	1	Ц	C	#
4	0	0	1	0	0	Д	D	¤
5	0	0	1	0	1	Е	E	%
6	0	0	1	1	0	Ф	F	&
7	0	0	1	1	1	Г	G	' апостроф
8	0	1	0	0	0	Х	H	(
9	0	1	0	0	1	И	I	)
10	0	1	0	1	0	Й	J	*
11	0	1	0	1	1	К	K	+
12	0	1	1	0	0	Л	L	,
13	0	1	1	0	1	М	M	—
14	0	1	1	1	0	Н	N	.
15	0	1	1	1	1	О	O	/
16	1	0	0	0	0	П	P	Ø
17	1	0	0	0	1	Я	Q	1
18	1	0	0	1	0	Р	R	2
19	1	0	0	1	1	С	S	3
20	1	0	1	0	0	Т	T	4
21	1	0	1	0	1	У	U	5
22	1	0	1	1	0	Ж	V	6
23	1	0	1	1	1	В	W	7
24	1	1	0	0	0	Ь	X	8
25	1	1	0	0	1	Ы	Y	9
26	1	1	0	1	0	З	Z	:
27	1	1	0	1	1	Ш	[	;
28	1	1	1	0	0	Э	\	<
29	1	1	1	0	1	Щ	]	=
30	1	1	1	1	0	Ч	Λ	>
31	1	1	1	1	1	Пробел	Ъ	?

Цоколевка всех четырех микросхем одинакова (рис. 75), в микросхеме К155РЕ24 вывод 9 не используется. Каждая микросхема содержит три входа выбора строки в матричном индикаторе В1, В2, В4, пять входов выбора индицируемого знака А1—А16, два входа выбора микросхемы ВМ. Входы выбора микросхемы разрешают появление сигналов лог. 0 на выходах микросхемы лишь при подаче лог. 0 на оба входа ВМ.

При подаче на входы В1, В2, В4 кода номера строки на выходах 1—2—3—4 микросхемы появляется лог. 0 для включения элементов индикатора данной строки. Крайнему левому элементу строки соответствует сигнал на выходе 1, второму слева — на выходе 2 и т. д. Для крайнего правого элемента должна использоваться информация с одного из трех выходов микросхемы К155РЕ24. Выход 3 этой микросхемы дополняет информацию микросхемы К155РЕ21, выход 2 — микросхемы К155РЕ22, выход 1 — К155РЕ23.

Счет строк индикатора ведется сверху вниз, первой строке соответствует код 001 (младший разряд — В1), последней строке соответствует код 111. Код 000

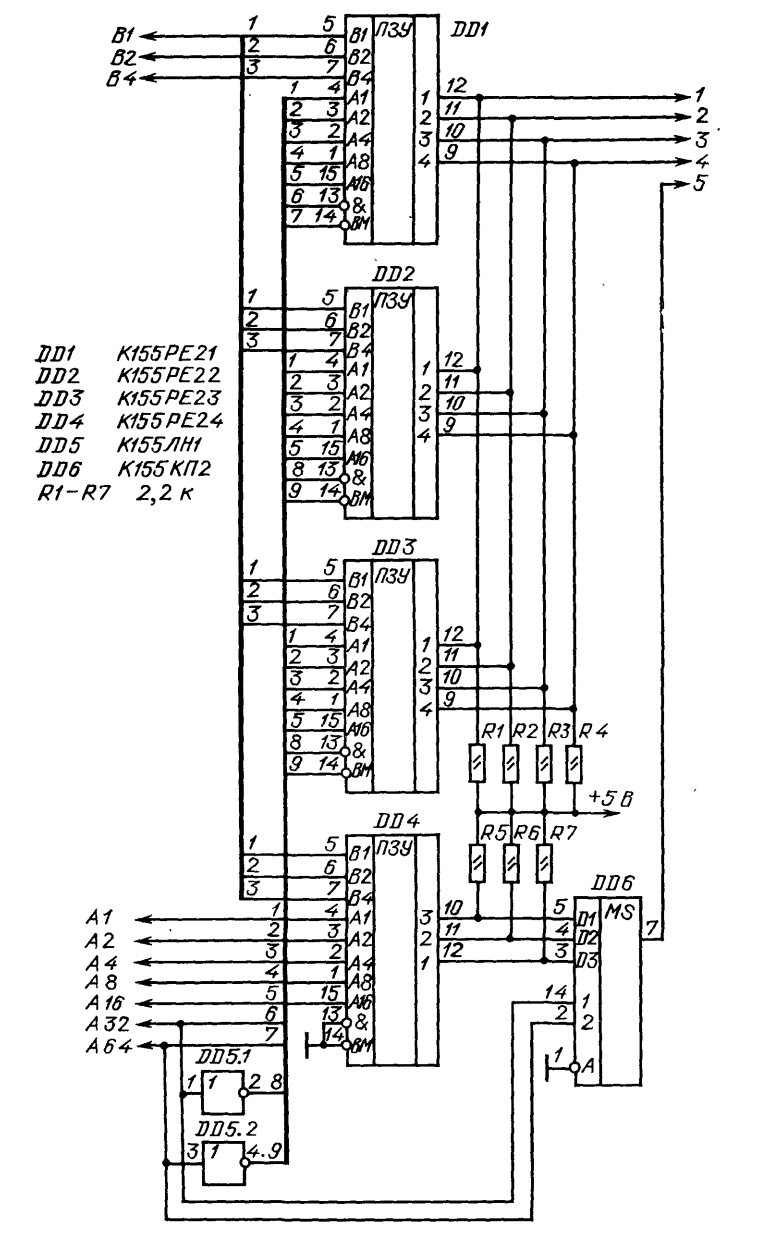


Рис. 76. Соединение микросхем К155РЕ21—К155РЕ24

не используется. Индицируемый знак определяется кодом, подаваемым на входы выбора знака A1—A16 в соответствии с табл. 5.

На рис. 76 приведена схема соединения микросхем К155РЕ21, К155РЕ22, К155РЕ23, К155РЕ24 между собой, обеспечивающая получение информации, не-

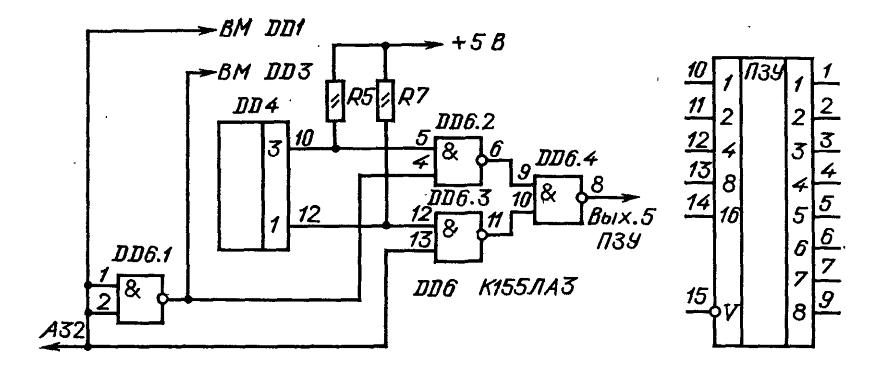


Рис. 77. Соединение микросхем К155РЕ21, К155РЕ23, К155РЕ24

Рис. 78. Выводы микросхем К155РЕ3

обходимой для индикации всех указанных в табл. 5 знаков. Выходы микросхем выполнены с «открытым» коллектором, что позволяет объединять их между собой и требует установки нагрузочных резисторов R1—R7. Старшие разряды кода индицируемого знака А32 и А64 производят выбор микросхемы (DD1, DD2 или DD3), а также выбор необходимого выхода микросхемы DD4 с помощью мультиплексора DD6. При А32=А64=0 ни одна из микросхем DD1—DD3 не выбрана, на выходах 1—5 — лог. 1. Если на входе А32 лог. 1, на входе А64—лог. 0, включается DD1, на выход 5 проходит информация с выхода 3 микросхемы DD4 индицируются русские буквы. При лог. 0 на входе А32, лог. 1 на входе А64 выбирается микросхема DD2, индицируются буквы латинского алфавита, при А32=А64=1 индицируются цифры и знаки.

Вполне возможны другие варианты, подключения входов ВМ микросхем к старшим разрядам источника кода знаков. Если какая-либо из микросхем является лишней, например не используются латинские буквы, вместо мультиплексора DD6 возможно использование микросхемы К155ЛА3 (рис. 77). В этом случае при А32=0 выбирается DD1 и индицируются русские буквы, при А32=1 выбирается DD3 и происходит индикация цифр и знаков.

Описанные выше микросхемы К155РЕ21—К155РЕ24 являются постоянными запоминающими устройствами (ПЗУ), запись информации в которые произведена на заводе. В состав серии К155 входит микросхема ПЗУ К155РЕ3 (рис. 78), программирование которой может быть произведено потребителем. Микросхема К155РЕ3 имеет пять адресных входов 1, 2, 4, 8, 16, вход разрешения V и восемь выходов. Микросхема позволяет записать 32 восьмиразрядных двоичных слова и может быть широко использована при разработке различных радиоэлектронных устройств.

При изготовлении на заводе во все слова по всем адресам записываются лог. 0. При программировании потребитель может записать в определенные биты слов лог. 1 и получить ПЗУ с нужной информацией. Программатор для микросхем К155РЕ3 описан в [5].

Микросхема К155РЕ3 имеет «открытые» коллекторные выходы, что позволяет объединять микросхемы по выходам, управление выбором нужной микросхемы осуществляется подачей лог. 0 на вход V микросхемы. Для микросхем, на входы V которых подана лог. 1, на всех выходах также лог. 1.

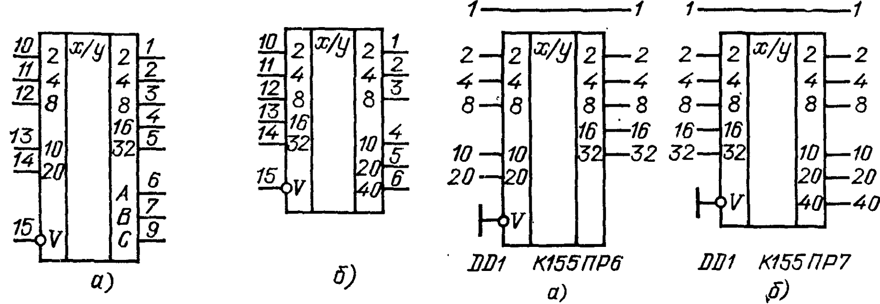


Рис. 79. Выводы микросхем К155ПР6 (*а*) и К155ПР7 (*б*)

Рис. 80. Простейшее включение микросхем К155ПР6 (*а*) и К155ПР7 (*б*)

До программирования все входы микросхемы равноценны, как равноценны и ее выходы, что позволяет использовать их в произвольном порядке, чем упрощается разводка печатных плат.

Предприятие-изготовитель не гарантирует полную программируемость микросхем, примерно в половину новых микросхем необходимую информацию записать нельзя.

Примером использования микросхем К155РЕ3 является изготовление преобразователей кода для индикации цифр и некоторых букв на семи- и девятисегментных индикаторах.

Микросхемы К155ПР6 и К155ПР7 служат для преобразования двоично-десятичного кода в двоичный (К155ПР6) и двоичного кода в двоично-десятичный (К155ПР7). Разводка выводов микросхем приведена на рис. 79. Микросхемы являются постоянными запоминающими устройствами, программирование которых произведено на заводе-изготовителе. По функциональному назначению выводов указанные микросхемы идентичны микросхемам К155РЕ3.

Включение микросхем К155ПР6 и К155ПР7 в простейшем варианте проиллюстрировано на рис. 80. Одна микросхема К155ПР6 позволяет преобразовать двоично-десятичный код чисел от 0 до 39 в двоичный. Младший разряд (разряд единиц) передается мимо микросхемы, так как он совпадает в двоично-десятич-

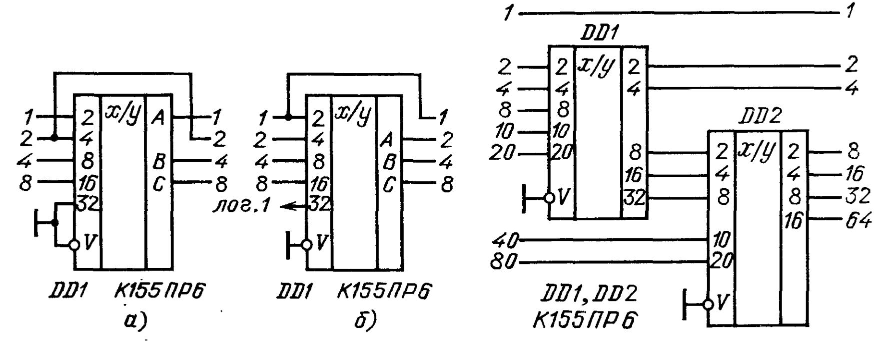


Рис. 81. Преобразователь кода в дополнение до 9 (*а*) и в дополнение до 10 (*б*)

Рис. 82. Преобразователь двоично-десятичного кода чисел до 99 в двоичный

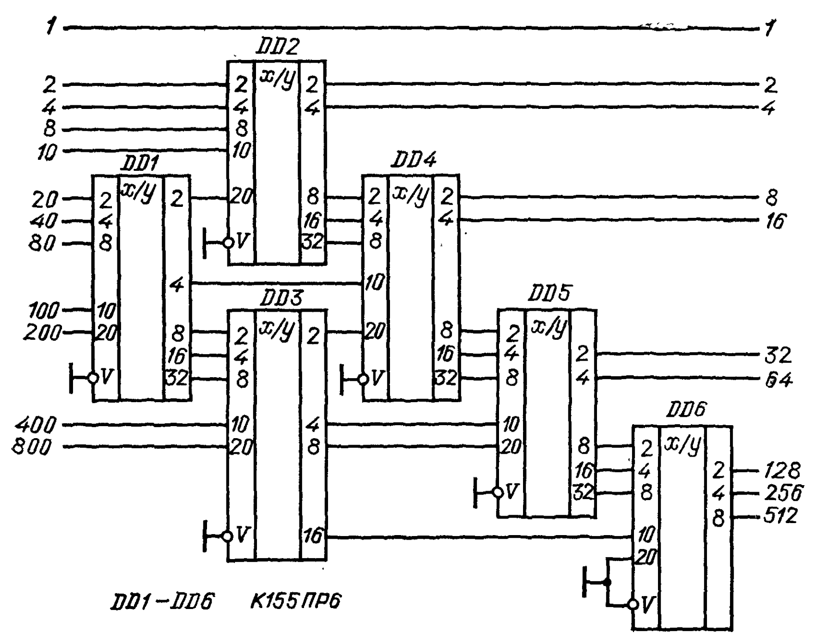


Рис. 83. Преобразователь двоично-десятичного кода чисел до 999 в двоичный

ном и двоичном кодах. Аналогично одна микросхема К155ПР7 может использоваться для преобразования двоичного кода чисел от 0 до 63 в двоично-десятичный.

Микросхема К155ПР6 позволяет также преобразовывать двоично-десятичный код чисел от 0 до 9 в код дополнения до 9 (рис. 81,*а*) и до 10 (рис. 81,*б*) Сумма десятичных чисел, соответствующих входному и выходному кодам схемы рис, 81,*а* равна 9, а схемы рис. 81,*б* — 10. В схеме рис. 81,*б* при входном коде, соответствующем числу 0, выходной код также соответствует 0.

Микросхема К155ПР6 может применяться для преобразования данных, вводимых в двоично-десятичном коде, в двоичный, например для управления микросхемой К155ИЕ8 в синтезаторе частоты или для ввода двоично-десятичного кода в цифро-аналоговый преобразователь, работающий, как правило, в двоичном коде.

Микросхема К155ПР7 может быть использована для преобразования в десятичный вид данных, полученных в двоичном коде, например, с выхода аналого-цифрового преобразователя для индикации в десятичном виде.

Как правило, разрядности одиночных микросхем недостаточно для решения большинства задач преобразования кодов, в этих случаях применяют каскадное соединение микросхем. На рис. 82 приведено соединение двух микросхем К155ПР6 для преобразования двоично-десятичных кодов чисел от 0 до 99 в двоичный, на рис. 83 — шести микросхем для преобразования кодов чисел от 0 до 999.

На рис. 84 и 85 представлены схемы для преобразования двоичных кодов чисел 0—255 и 0—511 в десятичный. Отметим, что для преобразования кодов десятичных чисел от 0 до 9999 в двоичный требуется 19 микросхем К155ПР6, а

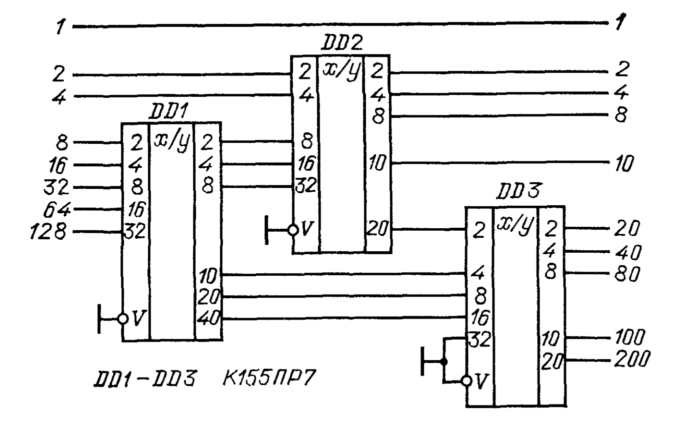


Рис. 84. Преобразователь двоичного кода чисел до 255 в двоично-десятичный

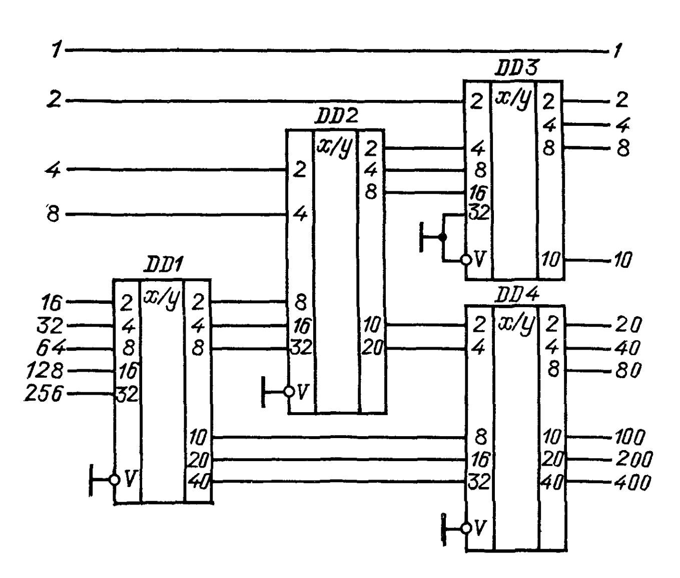


Рис. 85. Преобразователь двоичного кода чисел до 511 в двоично-десятичный

для преобразования кодов двоичных чисел от 0 до 4095 и от 0 до 65535 в двоично-десятичный — соответственно 8 и 16 микросхем К155ПР7.

Микросхемы К155ПР6 и К155ПР7 выполнены с «открытым» коллекторным выходом, поэтому для обеспечения помехоустойчивой работы микросхем между их выходами и плюсом питания следует устанавливать нагрузочные резисторы 1 ... 5,1 кОм, эти резисторы на приведенных схемах условно не показаны. Вход разрешения работы микросхем V должен быть подключен к общему проводу, при подаче на него лог. 1 все выходные транзисторы переходят в выключенное состояние.

Ждущие мультивибраторы

Как уже отмечалось выше, ждущие мультивибраторы нельзя однозначно отнести ни к последовательностным, ни к комбинационным микросхемам, поэтому они рассматриваются в отдельном разделе.

Микросхема К155АГ1 (рис. 86) — одиночный ждущий мультивибратор. Микросхема имеет три входа запуска, три вывода C, RC и RI для подключения времязадающих цепей, прямой и инверсный выходы.

Условием запуска мультивибратора является изменение входных сигналов, в результате которого появляется следующее сочетание — хотя бы на одном из входов 3 или 4 — лог. 0, на входе 5 — лог. 1. Исходным состоянием для запуска может быть любое, не соответствующее указанному требованию.

Несколько основных вариантов подачи входных сигналов, обеспечивающих запуск, показано на рис. 87. Для обеспечения запуска фронтом положительного импульса его следует подать на вывод 5, при этом хотя бы на одном из входов 3 или 4 должен быть лог. 0 (рис. 87,*а*). Для запуска спадом положительного импульса можно использовать включение по схемам рис. 87,*б* или *в*.

При запуске на прямом выходе генерируется импульс положительной полярности, на инверсном — отрицательной. Длительность импульса при основном варианте подключения времязадающей цепи, приведенном на рис. 83,*а*, приблизительно составляет T=0,7R1C1. Размерности в этой формуле — килоомы, нанофарады, микросекунды или килоомы, микрофарады, миллисекунды.

Сопротивление резистора R1 может находиться в пределах 1,5 ... 43 кОм. Емкость конденсатора C1 может быть любой, в то числе конденсатор может отсутствовать. В этом случае длительность генерируемого импульса составляет от 30 до 100 нс в зависимости от сопротивления времязадающего резистора. При применении оксидных конденсаторов их полярность должна соответствовать приведенной на рис. 88. Сопротивление резистора может быть и более 43 кОм, однако стабильность длительности импульса при этом ухудшается.

Микросхема содержит внутренний времязадающий резистор с сопротивлением около 2 кОм, включенный между выводами RC и RI, что может обеспечить работу ждущего мультивибратора без внешнего резистора при включении по схеме рис. 88,*б*. Внутренний резистор может использоваться как ограничительный при использовании в качестве времязадающего переменного резистора (рис. 88,*в*).

Если необходимо обеспечить большую длительность выходного импульса при малой емкости конденсатора, времязадающую цепь следует дополнить транзистором (рис. 88,*г*). В этом случае длительность генерируемого импульса определяется по приведенной выше формуле, однако сопротивление времязадающего резистора R1 может быть выбрано в $h_{21Э}$ раз больше, чем указанные выше

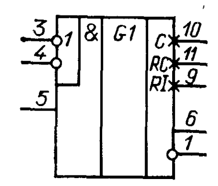
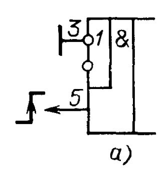
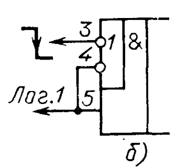


Рис. 86. Цоколевка микросхемы К155АГ1





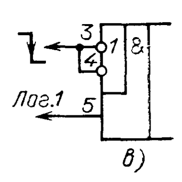


Рис. 87. Варианты запуска микросхемы К155АГ1

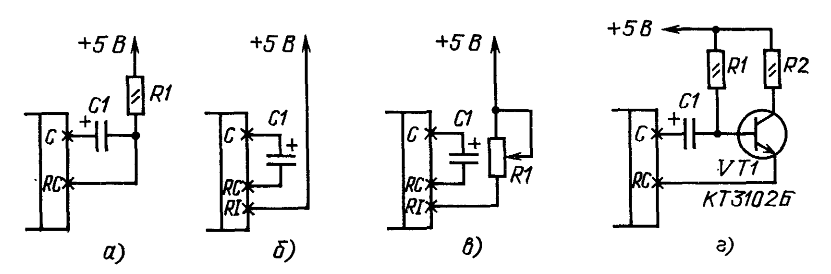


Рис. 88. Подключение времязадающих элементов ИС К155АГ1

43 кОм. При использовании транзисторов серии КТ3102 сопротивление времязадающего резистора может доходить до 20 МОм. Сопротивление ограничительного резистора R2 может находиться в пределах 1,5...20 кОм.

Длительность генерируемого ждущим мультивибратором импульса не зависит от длительности запускающего импульса. Во время генерации выходного импульса ждущий мультивибратор нечувствителен к изменению входных сигналов. Повторный запуск мультивибратора может быть осуществлен спустя время τ>C1 после окончания генерируемого импульса, размерности в этой формуле те же, что и в предыдущей. Если интервал после окончания импульса меньше, сокращается длительность генерируемого импульса, и даже возможен срыв запуска.

Микросхема К155АГ3 (рис. 89) — сдвоенный ждущий мультивибратор. Каждый из мультивибраторов микросхемы имеет два входа для запуска — A, B, вход сброса R, выводы C и RC для подключения времязадающих элементов, прямой и инверсный выходы.

Условием запуска мультивибратора является изменение входных сигналов, в результате которого появляется следующее сочетание — лог. 0 на входе A, лог. 1 на входах B и R. Исходным состоянием для запуска может быть любое, не соответствующее указанному требованию.

Несколько основных вариантов подачи входных сигналов, обеспечивающих запуск, показано на рис. 90. Для обеспечения запуска фронтом положительного импульса его необходимо подать на вход B (рис. 90,*а*) или R (рис. 90,*б*). Для запуска спадом положительного импульса следует использовать включение по схеме рис. 90,*в*.

Различие между входами B и R заключается в том, что лог. 0 на входе R прекращает генерацию импульса и принудительно устанавливает выходы мультивибратора в исходное состояние независимо от состояния других входов.

Ждущие мультивибраторы микросхемы К155АГ3 обладают способностью повторного запуска. Если во время генерации выходного импульса повторно вы-

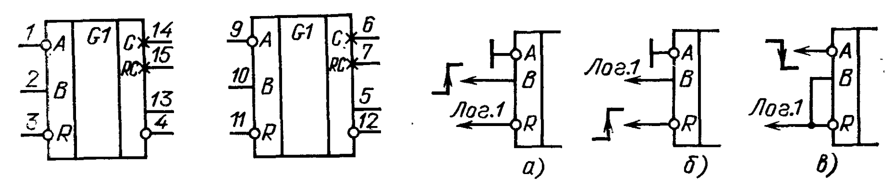


Рис. 89. Цоколевка микросхемы К155АГ3

Рис. 90. Варианты запуска микросхемы К155АГ3

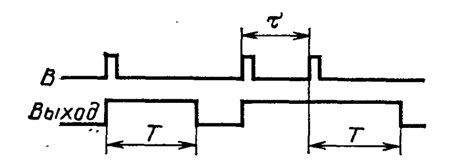


Рис. 91. Повторный запуск микросхемы К155АГ3

полнится условие запуска, длительность выходного импульса увеличится на интервал времени между запускающими импульсами (рис. 91). Однако для осуществления повторного запуска этот интервал τ должен удовлетворять требованию $\tau > 0{,}224C$.

Подключение времязадающих цепей проиллюстрировано на рис. 92. В основном варианте включения, приведенном на рис. 92,*а*, сопротивление резистора R1 может находиться в пределах 5,1 ... 51 кОм, емкость конденсатора C1 любая. Длительность генерируемого импульса приближенно можно определить по формуле

$$T = 0{,}32(R1 + 0{,}7)C1.$$

Размерности в этой формуле те же, что и в формуле для микросхемы К155АГ1. При емкости конденсатора более 1000 пФ во времязадающую цепь рекомендуется устанавливать диод (рис. 92,*б*), при подключении диода полярность электролитических конденсаторов меняется. При отсутствии внешнего конденсатора C1 (рис. 92,*в*) ждущий мультивибратор генерирует импульсы длительностью примерно от 50 до 200 нс при сопротивлении резистора R1 соответственно от 5,1 до 51 кОм.

Так же, как и в случае применения микросхемы К155АГ1, емкость конденсатора может быть существенно уменьшена, если времязадающую цепь допол-

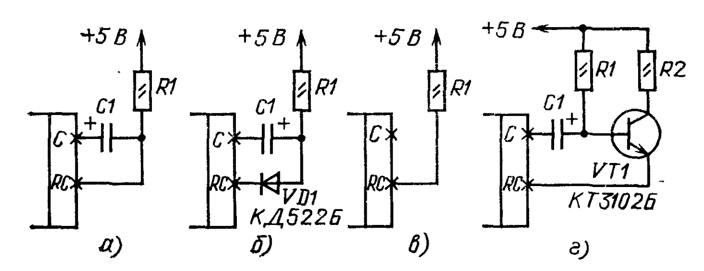


Рис. 92. Подключение времязадающих элементов к микросхеме К155АГ3

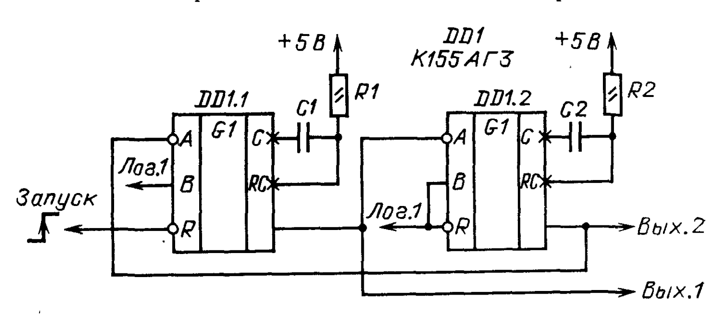


Рис. 93. Генератор на двух мультивибраторах микросхемы К155АГ3

Рис. 94 Временна́я диаграмма работы генератора

нить транзистором (рис. 92,*г*). Ограничения на резисторы этой схемы включения аналогичны ограничениям схемы рис. 88,*г*.

Микросхема К155АГ3 позволяет удобно строить различные генераторы импульсов. Для примера на рис. 93 приведена схема управляемого генератора импульсов. Если на вход Запуск подан лог. 0, генерация импульсов не происходит, на выходах обоих ждущих мультивибраторов лог. 0. Если на вход Запуск подать лог. 1, на входах ждущего мультивибратора DD1.1 возникнет условие запуска, на его выходе появится положительный импульс. Его спадом запустится ждущий мультивибратор DD1.2, спадом его выходного импульса — ждущий мультивибратор DD1.1. и т. д.

Если лог. 0 на вход Запуск будет подан во время генерации ждущим мультивибратором DD1.1 выходного импульса, этот импульс будет укорочен, вслед за чем ждущий мультивибратор DD1.2 сформирует последний импульс (рис. 94). Если в качестве входа Запуск использовать вход B DD1.1, а на его вход R подать постоянно лог.1, указанного укорочения импульса не произойдет. Вместо соединения прямого выхода каждого ждущего мультивибратора с инверсным входом запуска A другого можно соединять инверсный выход с прямым входом B. Использование свободных входов ждущих мультивибраторов позволяет создавать различные варианты управляемых генераторов импульсов.

Повторный запуск ждущего мультивибратора можно заблокировать, если инверсный выход мультивибратора соединить со входом B или прямой — со входом A. В этом случае во время формирования выходного импульса условие запуска не может быть выполнено. Однако, если длительность запускающего импульса превышает длительность выходного, сразу после окончания выходного импульса происходит повторный запуск и ждущий генератор превращается в управляемый генератор (рис. 95).

Такой генератор формирует на своем прямом выходе короткие импульсы отрицательной полярности, на инверсном — положительной (рис. 96). Длительность импульсов — 50 ... 100 нс. Период импульсов определяется по последней из приведенных выше формул.

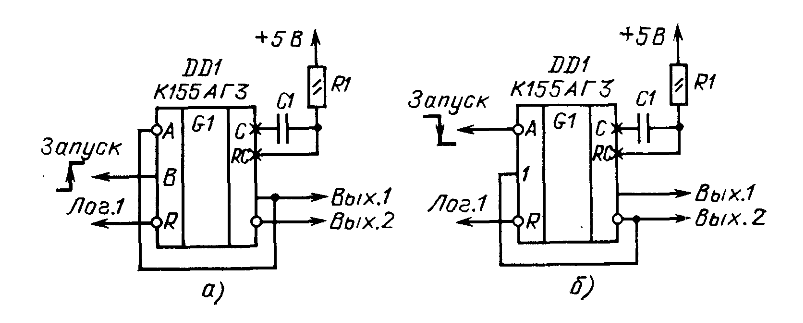


Рис. 95. Генераторы на одном мультивибраторе микросхемы К155АГ3

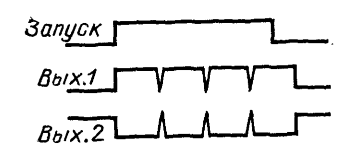


Рис. 96. Временная диаграмма работы микросхемы К155АГ3

Естественно, что управляемые генераторы по схемам рис. 93 и 95 могут использоваться как автогенераторы, если на их входы Запуск постоянно подавать разрешающий генерацию уровень,

При использовании микросхем К155АГ1 и К155АГ3 следует помнить, что они весьма легко запускаются как от помех по цепи питания, так и по входным цепям. Для исключения ложных запусков рекомендуется в непосредственной близости от микросхем устанавливать по цепи питания блокировочные керамические конденсаторы емкостью не менее 33 тыс. пФ, а проводники входных и времязадающих цепей выполнить минимальной длины. Монтажная емкость точки соединения времязадающих конденсаторов, резистора и вывода RC микросхемы К155АГ3 не должна превышать 50 пФ.

Следует также иметь в виду, что приведенные формулы для расчета длительности генерируемых импульса весьма приближенны и дают заниженный результат при емкости времязадающего конденсатора менее 1000 пФ.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЧАСЫ

Электронные часы на интегральных микросхемах серии К155

Первой конструкцией на цифровых ИС, изготовляемой радиолюбителями, являются, как правило, электронные часы. На ИС серии К155 можно собрать часы, самые разнообразные по своим схемам. Одна из самых простых схем приведена на рис. 97.

Часы включают в себя кварцевый генератор на ИС DD1 и кварцевом резонаторе Z1 на частоту 100 кГц, делитель частоты с коэффициентом деления 10^5 (DD2—DD6), счетчики секунд (DD7, DD8), минут (DD9, DD10), и часов (DD11—DD12), а также не показанные на рис. 97 дешифраторы и индикаторы. Интегральные микросхемы DD7, DD9, DD11 (К155ИЕ2) имеют коэффициенты пересчета 10, а в ИС DD8 и DD10 (К155ИЕ4) для получения коэффициентов деления 6 используются лишь первые три триггера, что обеспечивает необходимый для дешифраторов код 1—2—4.

Для пересчета на 24 в счетчике часов выводы 8 микросхем DD11 и DD12 подключены ко входам R этих же микросхем. При достижении состояния 4 ИС DD11 и состояния 2 ИС DD12 на обоих входах R этих счетчиков формируется уровень лог. 1 и они переходят в нулевое состояние.

Выходы счетчиков секунд, минут и часов подключены ко входам дешифраторов, выходы дешифраторов — к соответствующим электродам индикаторов. В часах могут быть использованы самые разнообразные индикаторы и соответствующие им дешифраторы. Включение газоразрядных индикаторов и полупроводниковых индикаторов с общим анодом описано в предыдущем разделе книги, в следующем разделе описаны другие варианты индикации.

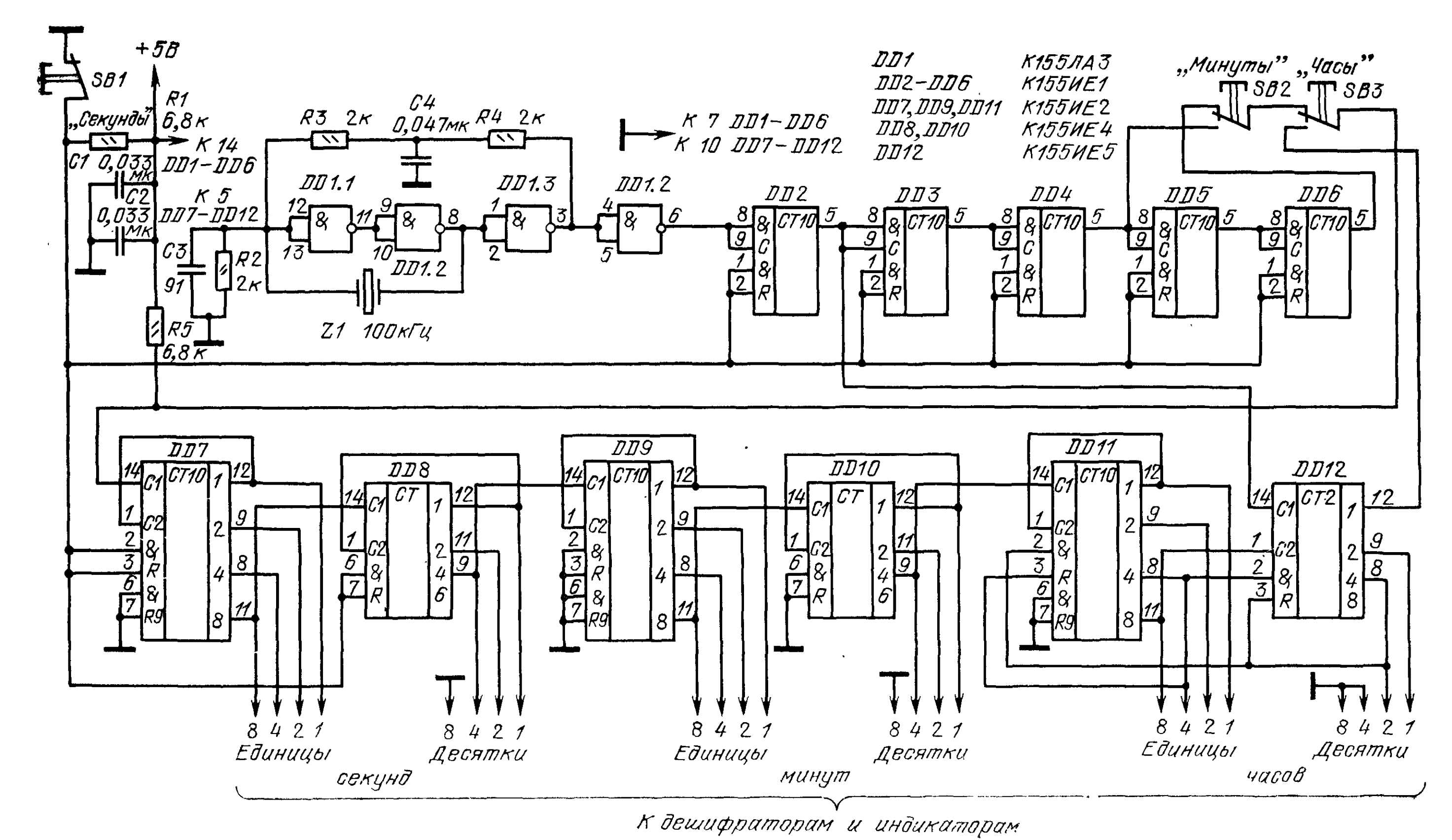


Рис. 97. Схема электронных часов на микросхеме серии К155

Эффектно выглядят электронные часы, если индикация секунд производится на индикаторах меньшего размера, чем индикация часов и минут. В этом случае индикаторы секунд меньше раздражают глаза своим постоянным переключением. Хорошо смотрятся часы с газоразрядными индикаторами часов и минут и небольшими полупроводниковыми индикаторами секунд красного свечения, установленными между индикаторами часов и минут.

Установка начальных показаний (сверка) часов производится с использованием эталонных часов следующим образом. Нажав на кнопку SB3, подают на вход счетчика секунд импульсы с частотой 5000 Гц и устанавливают показания счетчика часов. Затем, нажав на кнопку SB2, подают на вход счетчика секунд импульсы с частотой 100 Гц и устанавливают показания счетчика минут. Наконец, нажав кнопку SB1, отпускают ее в момент, когда секундная стрелка эталонных часов покажет на циферблате на число 12.

Можно исключить из часов кнопку SB2, в этом случае входы R DD9 и DD10 следует соединить с аналогичными входами DD2—DD8, а сверку часов можно будет производить лишь в моменты, соответствующие целым часам.

Использованный в часах метод пуска обладает тем недостатком, что установка часов, минут и секунд взаимосвязана и должна производиться обязательно в указанном порядке. В то же время метод наиболее прост, так как не требует специальных мер по борьбе с так называемым дребезгом — многократным неконтролируемым замыканием и размыканием механических контактов, кнопок, переключателей, реле и т. п., в результате которого вместо одного импульса включения формируется «пачка» импульсов.

Какие изменения в схеме часов можно сделать при отсутствии тех или иных микросхем?

Интегральные микросхемы К155ИЕ1 можно заменить на К155ИЕ2. При отсутствии микросхем К155ИЕ2, К155ИЕ4, К155ИЕ5 на место микросхем DD2—DD7, DD9, DD11 можно установить декады по схемам на рис. 8,*а* или 9,*а*. К декаде по рис. 9,*а* микросхемы К155ИД1, К514ИД1, К514ИД2 следует подключать по схеме рис. 48. Делители частоты на 6 можно выполнить по схемам рис. 98,*а* и *б* соответственно на JK- или D-триггерах. Дешифратор к делителю по рис. 98,*а* следует подключать по схеме рис. 99. Счетчик часов с коэффициентом пересчета 24 можно собрать по схемам рис. 100. На рис. 100,*а* знаком CT10 помечена декада по схеме

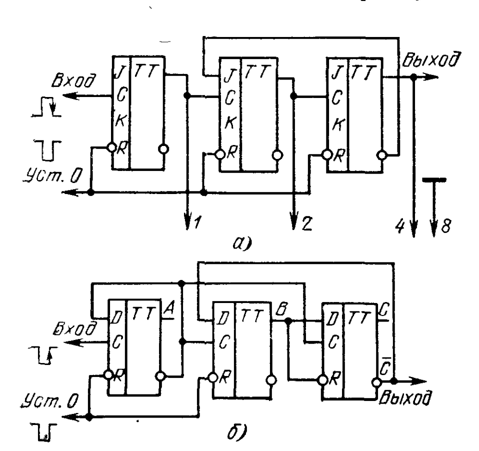


Рис. 98. Делитель на шесть на JK — триггерах К155ТВ1 (*а*) и D-триггерах К155ТМ2 (*б*)

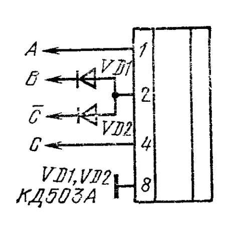


Рис. 99. Подключение дешифратора к делителю на шесть по схеме рис. 80,*б*

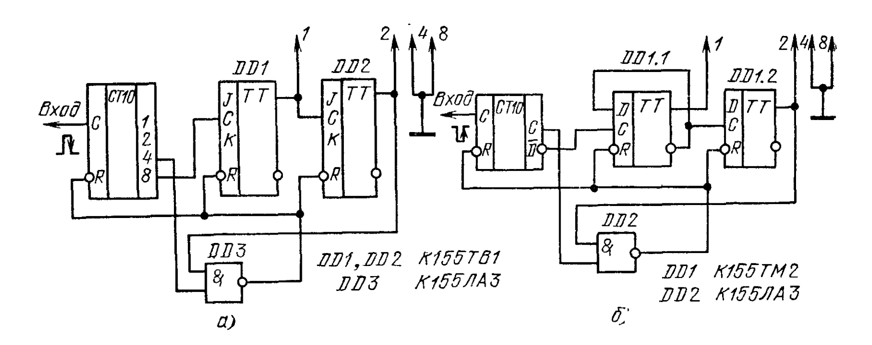


Рис. 100. Схема счетчика часов на JK-триггерах К155ТВ1 (*а*) и D-триггерах К155ТМ2 (*б*)

рис. 8,*а*, на рис. 100,*б* — по схеме рис. 9,*а*. В случае применения декад и счетчиков на триггерах следует использовать кнопку SB1 с нормально разомкнутыми контактами.

При отсутствии кварцевого резонатора на частоту 100 кГц можно использовать кварцевые резонаторы на другие частоты. Если частота резонатора в 2—10, 12 или 16 раз превышает частоту 100 кГц, между выходом генератора и входом DD2 следует включить одну из ИС (К155ИЕ2, К155ИЕ4, К155ИЕ5), соединив ее выводы для получения необходимого коэффициента деления в соответствии с табл. 3.

Если значение частоты кварцевого разонатора в герцах допускает разложение на указанные выше множители, можно установить несколько микросхем с различными коэффициентами деления для получения результирующей частоты 1 Гц. При этом для подачи на кнопки SB2 и SB3 сигналов с частотами 60 ... 120 Гц и 3600 ... 7200 Гц с выходов делителя необходимо сделать соответствующие отводы.

Более экономичным по структуре получается построение делителя с произвольным коэффициентом деления по схеме рис. 101. Делитель содержит цепь ИС К155ИЕ5 DD1—DD3 и элемент И (DD4—DD6) с большим числом входов, выход которого подключен ко входам R микросхем цепи. Входы элемента И подключены к определенным выходам цепочки, это подключение и определяет коэффициент пересчета.

Делитель работает по принципу принудительной установки в 0 при достижении требуемого состояния (см. с. 20).

Для определения числа ИС К155ИЕ5 в делителе, числа входов элементов И и порядка подключения входов этого элемента к выходам микросхем необходимый коэффициент пересчета переводят в двоичную форму.

Для перевода числа в двоичную форму его делят на 2, остаток (0 или 1) записывают. Результат вновь делят на 2, остаток снова записывают и т. д., пока после деления не останется нуль. Первый остаток является младшим разрядом двоичной формы числа, последний — старшим.

Число разрядов получившегося двоичного числа определяет необходимое число триггеров цепочки делителя, число единиц в двоичной форме числа равно

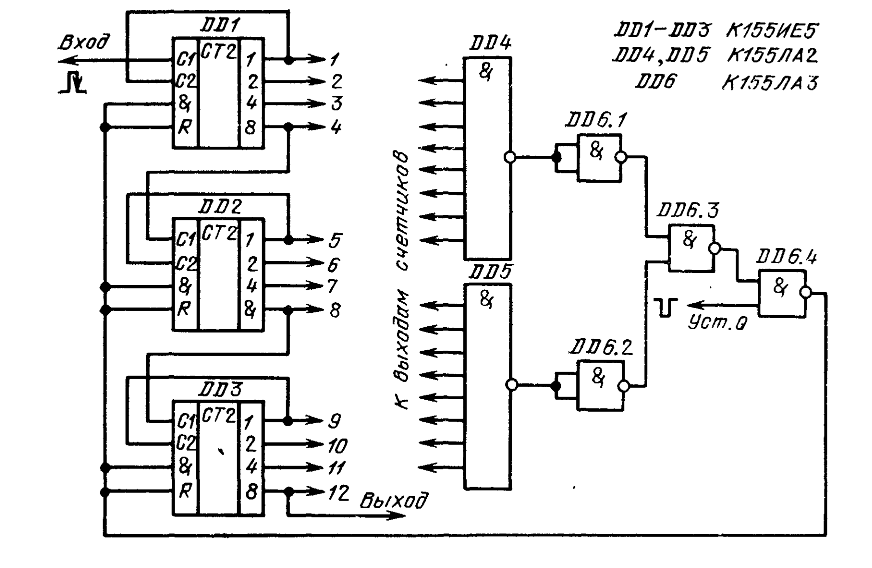


Рис. 101. Схема делителя частоты с переключаемым коэффициентом деления

числу входов в элементе И. Расстановка единиц в двоичном эквиваленте определяет, к каким выходам цепочки необходимо подключить входы элемента И. Наличие 1 в младшем разряде означает подключение к выходу 1 цепочки, в следующем — к выходу 2 и т. д.

Для примера рассмотрим расчет для кварцевого резонатора с частотой 150 007 Гц. Двоичный эквивалент числа $150\,007_{10}$ составляет $10\,0100\,1001\,1111\,0111_2$. В двоичном эквиваленте 18 разрядов, необходимая длина цепочки — 18 триггеров или 5 микросхем К155ИЕ5. Число единиц в двоичном эквиваленте — 11, следовательно, необходим элемент И на 11 выходов. Входы элемента И необходимо подключить к следующим выходам цепочки: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 15, 18. Выходной сигнал снимается с выхода 18 цепочки — последнего, подключаемого ко входу элемента И. В цепочке возможно применение микросхем К155ИЕ2, в этом случае расчет упрощается, но число ИС в цепочке увеличивается.

Из-за накопления задержек в цепочке для нормальной работы делителя необходимо, чтобы частота входных импульсов не превышала 1 МГц. Если частота кварцевого генератора более 1 МГц, необходимо поделить ее до частоты 500 кГц ... 1 МГц с помощью одной микросхемы К155ИЕ5 и лишь потом подать на делитель.

Делитель с произвольным коэффициентом деления на ИС К155ТВ1, К155ТВ15 или К155ТМ2 также можно собрать по схеме рис. 101, но в этом случае более экономичным по числу микросхем является способ, который приведен ниже при описании электронных часов на микросхемах серии К134.

Точная подстройка кварцевого генератора может быть обеспечена включением последовательно с кварцевым резонатором конденсатора емкостью от единиц до сотен пикофарад, а также подбором емкости С3 (см. рис. 97).

Электронные часы на интегральных микросхемах серии К134

Описанные выше электронные часы на микросхемах серии К155 потребляют от источника питания +5 В ток 0,4 ... 0,8 А в зависимости от типа использованных индикаторов. Питание таких часов необходимо осуществлять от сети через понижающий трансформатор, выпрямитель и стабилизатор напряжения, в результате чего часы получаются довольно громоздкими.

Применив микросхемы серии К134, можно построить электронные часы с бестрансформаторным питанием. Микросхемы серии К134 отличаются от микросхемы серии К155 прежде всего значительно меньшей потребляемой мощностью, а также типом корпуса. В серии К134, однако, нет дешифратора с высоковольтным выходом, поэтому в часах использованы микросхемы К133ИД1, совпадающие по характеристикам с микросхемой К155ИД1. Корпус микросхемы К133ИД1 плоский с планарными выводами, по конструкции близок к корпусу микросхемы К134.

Часы на микросхемах серии К134 потребляют по цепи +5 В ток около 100 мА. В часах применен делитель частоты кварцевого генератора с переключаемым коэффициентом деления, что позволяет применять в них кварцевый резонатор с любой частотой 50 ... 559,24 кГц.

Принципиальная схема часов приведена на рис. 102. На ИС DD1 собран кварцевый генератор с резонатором Z1. Импульсы с выхода генератора поступают на делитель с коэффициентом пересчета 4 (ИС DD3) и далее на делитель с переключаемым коэффициентом деления (ИС DD4—DD14).

Этот делитель работает по принципу предварительной записи в счетчик числа, на которое нужно уменьшить коэффициент пересчета (см. с. 15). В таком делителе часть триггеров устанавливается при переполнении счетчика в 0, а часть — в 1. В результате переполнение счетчика происходит не после поступления 2^n импульсов делителя (n — число триггеров делителя), а ранее. В момент переключения последнего триггера в нулевое состояние вновь производится установка части триггеров в 0, части — в 1. Таким образом, коэффициент пересчета делителя уменьшается относительно 2^n на число, записываемое в делитель при сбросе.

Триггеры К134ТВ14 имеют лишь входы установки в 0. Поэтому структура делителя по сравнению с описанной выше несколько изменена — триггеры DD10—DD14 делителя устанавливаются в 0, а сигналы на следующие за ними триггеры подаются либо с прямого, либо с инверсного выхода. Это эквивалентно установке триггеров соответственно в 0 и 1.

Входы триггеров DD4—DD9, DD10.1 подключены к инверсным выходам предыдущих триггеров, в результате чего их частичная установка в 0 также эквивалентна записи в делитель некоторого числа. Ошибка, возникающая вследствие невозможности установки части триггеров DD4—DD10 в необходимое состояние, не превышает 0,1 с и существует лишь в момент пуска часов, на коэффициенте пересчета делителя она не сказывается.

Запись необходимого числа в делитель в момент переключения триггера осуществляется с помощью дифференцирующей цепи C3R4R5 и элементов DD2.3 и DD2.4.

Делитель DD4—DD14 настраивается так, чтобы на его выходе формировался один импульс в минуту. Импульсы с выхода делителя поступают на вход счет-

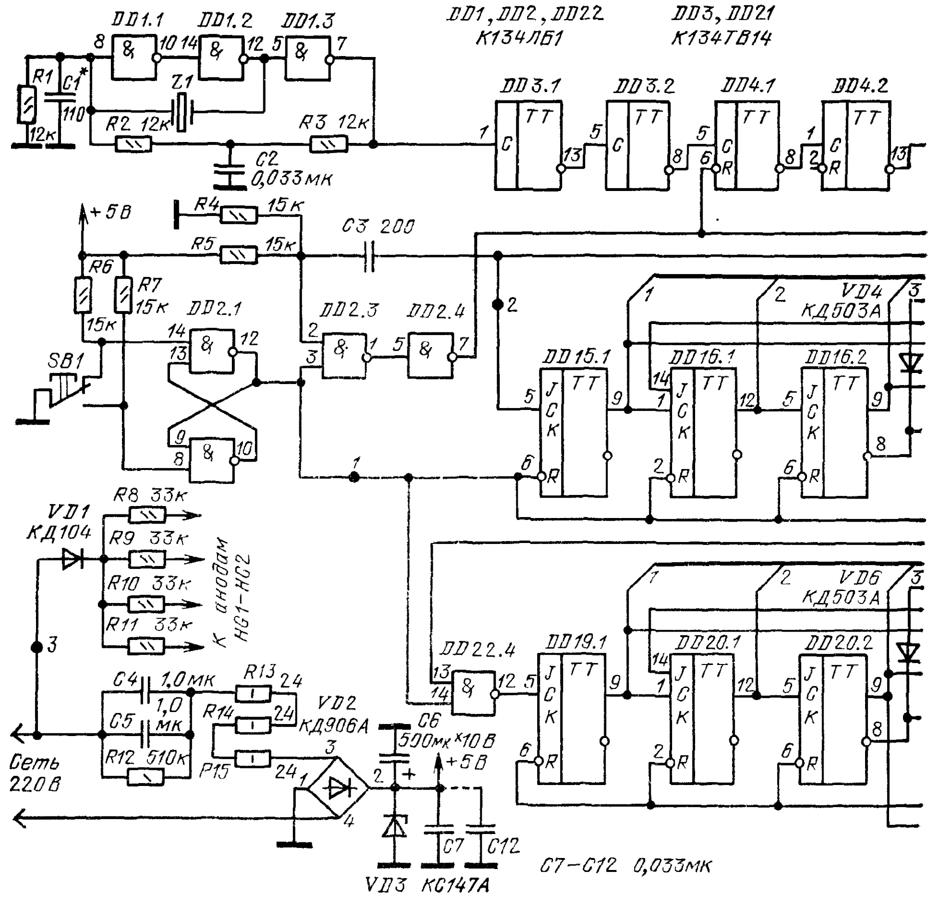
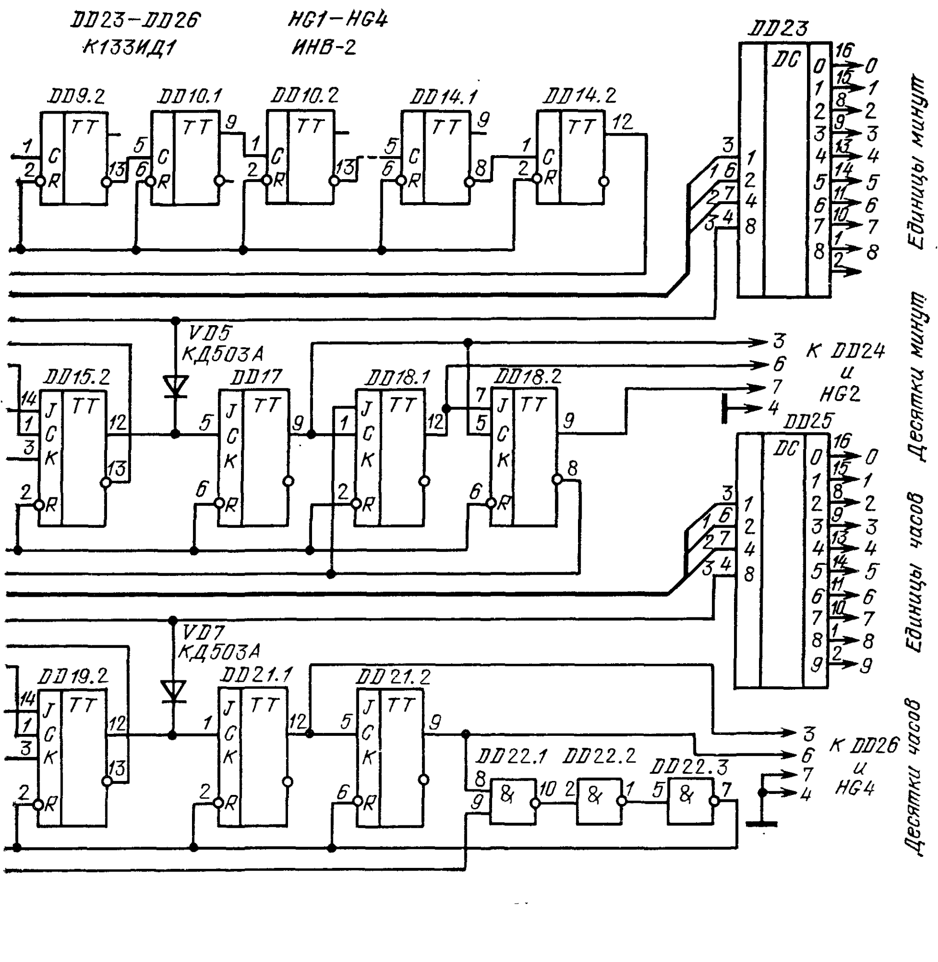


Рис. 102. Схема электронных часов

чика единиц минут DD15—DD16 и далее на счетчики десятков минут DD17—DD18, единиц часов DD19—DD20, десятков часов DD21. Коэффициент пересчета счетчика часов, равный 24, реализован с помощью схемы сброса на элементах DD22.1, DD22.2, DD22.3. Состояние счетчиков дешифрируется микросхемами DD23—DD26 и индицируется газоразрядными индикаторами HG1—HG4.

В связи с тем, что используемые JK-триггеры имеют по одному входу J и K, декады часов собраны по схеме, отличающейся от приведенных ранее. Код работы таких декад невесовой, он приводится к коду 1—2—4—8 с помощью диодов VD4—VD7.

Для питания часов применен бестрансформаторный источник питания. Напряжение сети гасится на конденсаторах C4 и C5, выпрямляется мостом VD2 и стабилизируется стабилитроном VD3. Пульсации напряжения на VD3 сглаживаются конденсатором C6. Величина пульсации составляет около 500 мВ от пика до пика, но это допустимо для ТТЛ-микросхем.



на микросхеме серии К134

Напряжение питания на аноды ламп HG1—HG4 подается с однополупериодного выпрямителя на диоде VD1 через токоограничительные резисторы R8—R11.

Установка показаний часов возможна лишь в моменты, соответствующие целым часам. Порядок установки следующий. Нажимают кнопку SB1, при этом триггер на элементах DD2.1 и DD2.2, необходимый для подавления дребезга контактов кнопки (см. с. 56), переключается в такое состояние, при котором на выходе элемента DD2.1 формируется уровень лог. 0. Этот сигнал устанавливает триггеры делителя и счетчиков минут в нулевое состояние, а также вызывает появление на входе первого триггера счетчика часов DD19.1 лог. 1. В момент отпускания кнопки сигнал на входе DD19.1 изменяется с лог. 1 на лог. 0, в результате чего к показаниям счетчика часов прибавляется единица, Нажимая необходимое число раз кнопку SB1, можно установить необходимое показание часов. Последний раз отпустить кнопку необходимо по шестому сигналу поверки времени.

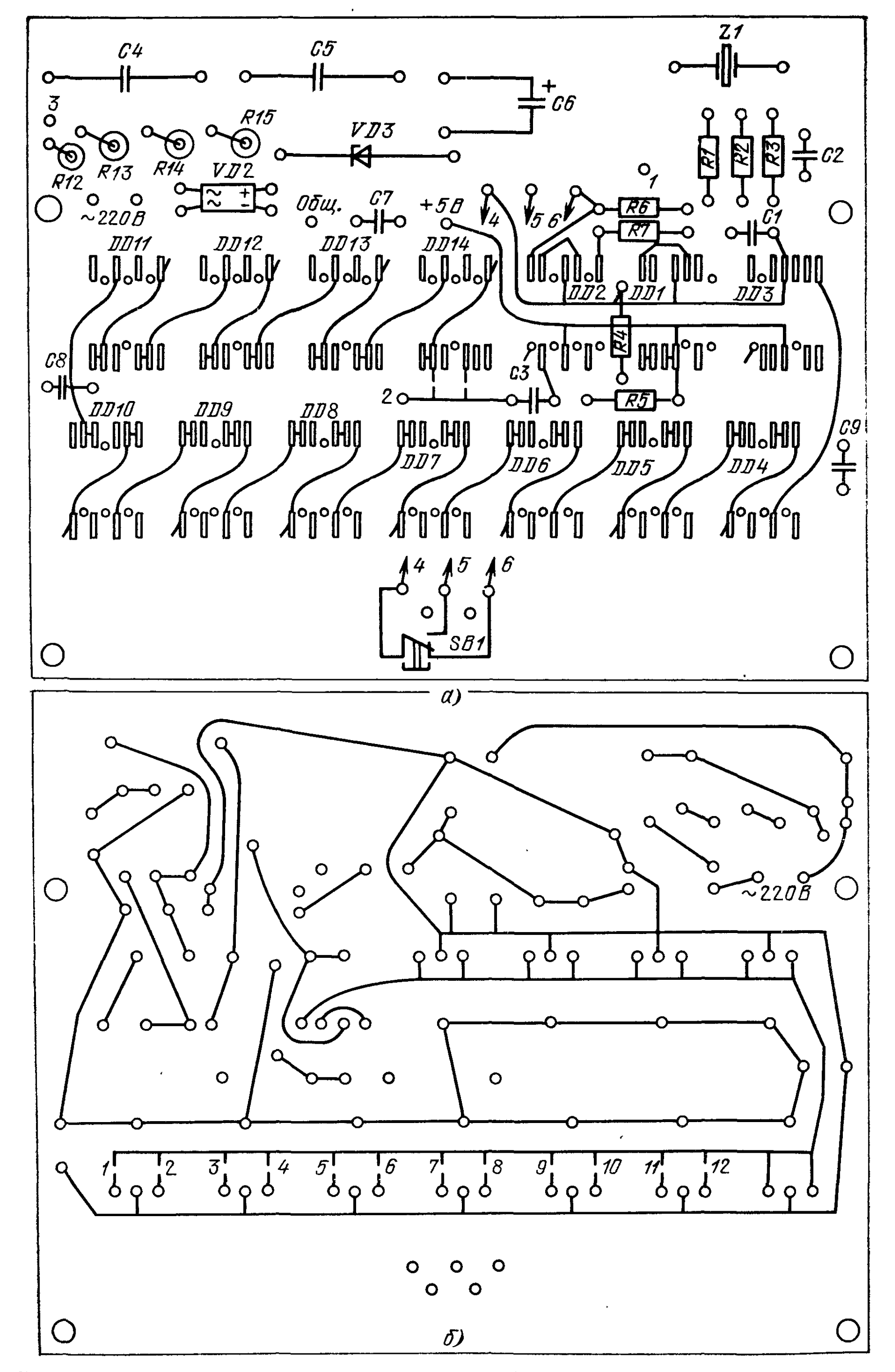


Рис. 103. Печатная плата электронных часов большая

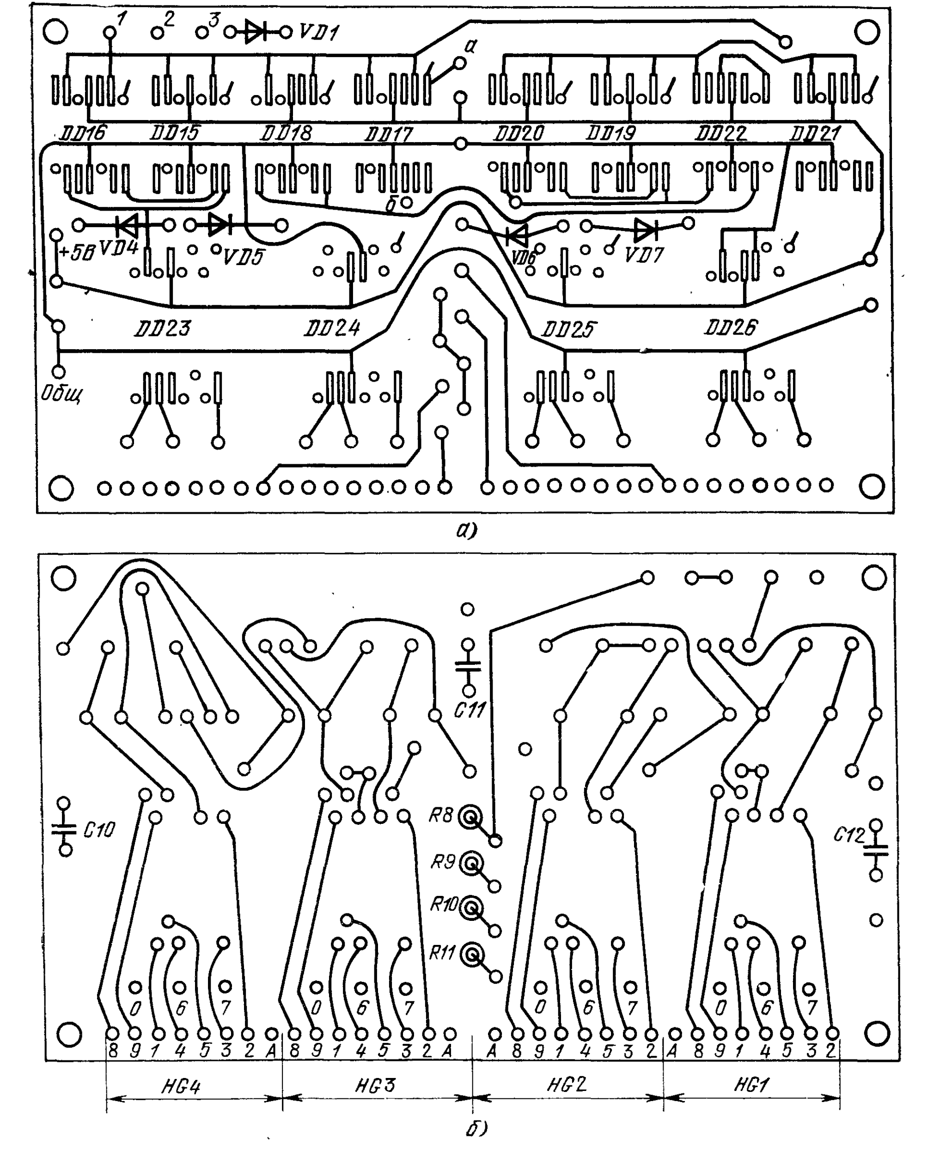


Рис. 104. Печатная плата электронных часов малая

Коррекция показаний часов в процессе эксплуатации производится однократным нажатием кнопки по первому и отпусканием по шестому сигналу. Если часы ушли вперед более чем на 5 с, кнопку следует нажать ранее, чем они переключатся самостоятельно, и отпустить, как обычно, по шестому сигналу.

Часы собраны на двух печатных платах разного размера 75×95 мм (рис. 103) и 55×95 мм (рис. 104). В часах использованы резисторы МТ, конденсаторы К73-17 (С4, С5), К50-6 (С6), К10-17 (остальные). На плате меньше-

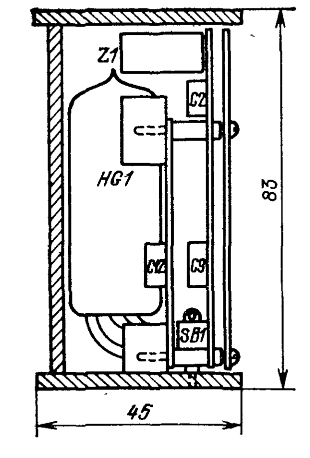


Рис. 105. Конструкция электронных часов

го размера детали установлены с двух сторон, их расположение показано на чертежах печатных плат. Вариант конструктивного оформления часов показан на рис. 105. Корпус склеен из прозрачного органического стекла толщиной 3 мм и оклеен светлой декоративной пленкой под дерево. Торцевая и внутренняя поверхности верхней, нижней и боковых стенок корпуса окрашены темной коричневой нитроэмалью. В пленке на передней стенке корпуса после ее наклейки лезвием бритвы вырезано окно против индикаторов. Платы и задняя стенка крепятся винтами М2 к четырем бобышкам из органического стекла, приклеенным к боковым стенкам корпуса.

В качестве кнопки SB1 использован микропереключатель МП3-1, закрепленный на плате большего размера. Для нажатия на шток переключателя в нижней стенке часов напротив него просверлено отверстие ∅ 1,8 мм. Нажимают на шток при пуске часов отрезком проволоки, например разогнутой канцелярской скрепкой.

Платы соединяют между собой пятью проводниками, соответствующие контактные площадки на платах помечены +5 В, Общ., 1, 2, 3.

Настройку делителя частоты под конкретный кварцевый резонатор производят следующим образом. Частоту кварцевого резонатора делят на 4 (что соответствует делению в триггерах DD3.1 и DD3.2) и умножают на 60. В результате получается необходимый коэффициент деления. Его уменьшают на единицу и переводят в двоичную форму.

Рассмотрим в качестве примера настройку делителя под кварцевый резонатор с частотой 100 кГц. Необходимый коэффициент деления $100\,000 : 4 \times 60 = 1\,500\,000$. Двоичный эквивалент числа $1\,499\,999_{10}$ равен $1\,0110\,1110\,0011\,0101\,1111_2$. Число знаков в двоичном эквиваленте определяет число необходимых триггеров, в данном случае 21, поэтому триггер DD14.2 не используется и сигнал на конденсатор С3 снимается с прямого выхода 9 триггера DD14.1.

Если необходимое число триггеров составляет 22 (частота кварцевого резонатора находится в пределах 139 810 ... 279 620 Гц), сигнал снимается с вывода 12 DD14.2.

Двенадцать младших разрядов двоичного эквивалента определяют подключение входов R микросхем DD4—DD9 к шине установки нуля — если в соответствующем разряде 0, вход R подключают к шине с помощью перемычки, если 1 — оставляют свободным. В данном случае 0 в 6, 8, 11 и 12 разрядах (начиная с младшего), следовательно, к шине установки нуля подключают входы R триггеров DD6.2, DD7.2, DD9.1, DD9.2 (счет начинается с триггера DD4.1, на триггеры DD3 установки 0 никогда не подводится). Остальные разряды двоичного эквивалента определяют, какие входы (прямые или инверсные) триггеров DD10—DD14 необходимо подключать ко входам следующих триггеров. Если в двоичном эквиваленте в соответствующем разряде 0, вход следующего триггера подключается к инверсному выходу данного триггера (вывод 8 или 13), если 1 — к прямому (вывод 9 или 12). Неиспользуемый вывод триггера не подпаи-

вается к контактной площадке, его оставляют свободным или обламывают. Так как в старшем разряде двоичного эквивалента всегда стоит 1, с последнего триггера выходной сигнал всегда снимается с прямого выхода.

В данном случае ко входам следующих триггеров подключаются выводы 8 и 12 микросхемы DD10, 9 и 12 DD11, 8 и 12 DD12, 9 и 13 DD13, выходной сигнал снимается с вывода 9 DD14.

После установки теплового режима в корпусе часов проверяется уход показаний на 3—4 недели и уточняется настройка делителя. Предположим, часы спешат на 2 с в сутки. В этом случае коэффициент деления нужно увеличить на (2×1 500 000)/86 400=35 (86 400 — число секунд в сутках). Таким образом, необходимый коэффициент деления составит 1 500 035, его уменьшают на единицу и по нему вновь определяют двоичный эквивалент, рассчитывают установку перемычек (распайки выводов триггеров DD10—DD14, как правило, не меняется).

При применении в часах кварцевого резонатора с частотой менее 69 905 Гц микросхему DD3 не устанавливают, ее контактные площадки 1 и 8 соединяют между собой проволочной перемычкой, а частоту кварцевого резонатора при определении коэффициента деления на 4 не делят.

Если же частота кварцевого резонатора превышает 279 620 Гц, но менее 559 240 Гц, выход делителя (точка 2 платы большего размера) подключают ко входу 1 DD17 (точка а), выход 13 DD17 (точка б) подключают к точке 2 платы меньшего размера. При этом при расчете коэффициента деления частоты кварцевого резонатора делят не на 4, а на 8.

При налаживании часов следует помнить, что к включенным в сеть часам нельзя подключать приборы с металлическим корпусом, можно только логические щупы (питание из них можно взять со стабилитрона DD2) и авометры.

Если для поиска неисправности или измерения частоты кварцевого резонатора необходимо подключение осциллографа для частотомера, питание на часы следует подать от источника постоянного напряжения 15 ... 18 В, замкнув выводы конденсаторов C4—C5 между собой.

Для облегчения теплового режима часов целесообразно резисторы R13—R15 в часы не устанавливать, на их место установить перемычку, а в сетевую вилку в разрыв одного из проводов включить проволочный резистор 51 ... 75 Ом.

При правильной настройке делителя месячная ошибка в ходе часов не превышает 5 с.

ИНДИКАТОРЫ И ИНДИКАЦИЯ

Индикаторы

Существует большое число типов самых разнообразных индикаторов, позволяющих считывать состояние счетчиков. Наибольшее распространение получили газоразрядные цифровые индикаторы, каждый электрод которых представляет собой отдельную цифру, и семисегментные индикаторы, цифры в которых образуются различным сочетанием светящихся сегментов.

Семисегментные индикаторы бывают вакуумные и полупроводниковые. Вакуумные, в свою очередь, делятся на люминесцентные и накальные. Люминесцентные индикаторы подобны вакуумным триодам, в которых есть катод (прямого накала), управляющая сетка и семь анодов соответствующей формы,

покрытых люминофором, светящимся под действием потока электронов, испускаемых катодом. Накальные индикаторы содержат семь нитей накала, расположенных соответствующим образом и светящихся при пропускании через них тока.

Полупроводниковые семисегментные индикаторы состоят из семи светодиодов, выполненных в виде полосок. Большинство индикаторов имеет также в своем составе восьмой элемент — запятую.

Для нормальной работы газоразрядного индикатора его анод через ограничительный резистор порядка 33 ... 91 кОм подключается к плюсу источника постоянного или пульсирующего напряжения порядка 180 ... 300 В. Катод, соответствующий необходимой цифре, заземляется, а остальные катоды или оставляются свободными, или на них подается напряжение 30 ... 90 В. Относительно небольшой перепад напряжения на катодах, требуемый для управления газоразрядными индикаторами, позволяет использовать для этой цели транзисторы.

Сопротивление ограничительного резистора подбирается для получения необходимого анодного тока, который для большинства индикаторов составляет 1,5 ... 3 мА. Применение импульсного напряжения питания позволяет, увеличив ток в импульсе, уменьшать средний ток через лампу, что благоприятно сказывается на сроке службы. Для управления газоразрядными индикаторами используются микросхемы К155ИД1 (см. первый раздел книги).

Люминесцентные индикаторы требуют подачи на нить накала постоянного или переменного напряжения 0,85 ... 1,5 В, плюса постоянного напряжения около 20 ... 30 В на сетку и на необходимые для индикации данной цифры аноды. При импульсном питании напряжение на сетке и аноде для сохранения яркости может быть увеличено до 60 ... 70 В. Если на сетке напряжение относительно катода равно нулю, то ни один из анодов индикатора не светится. Возможность управления индикаторами по управляющей сетке и применение импульсного питания позволяют использовать их в устройствах динамической индикации.

Все нити накальных индикаторов имеют, как правило, один общий вывод. Для получения необходимой цифры на соответствующие выводы такого индикатора необходимо подать относительно общего вывода рабочее напряжение любой полярности. Низкое его значение (3,15 ... 6,3 В) и малые токи нитей (до 36 мА) позволяют управлять накальными индикаторами непосредственно с выходов стандартных ТТЛ-микросхем, например, серии К155.

Полупроводниковые индикаторы включаются подобно накальным, но для них обязательно соблюдение полярности (индикаторы выпускаются как с общим катодом, так и с общим анодом) и ограничение тока с помощью резисторов, включаемых последовательно с каждым диодом. При рабочем токе через сегмент около 5 ... 20 мА падение напряжения составляет 1,5 ... 2,5 В. Полупроводниковые индикаторы также могут управляться непосредственно от микросхем серии К155.

Рассмотрим способы управления семисегментными индикаторами.

Преобразователи кода для семисегментных индикаторов

Промышленностью выпускаются преобразователи кода 1—2—4—8 для семисегментных индикаторов в виде одной микросхемы. Это К514ИД1 и

Рис. 106. Выводы микросхем К514ИД1, К514ИД2 (*а*) и КР514ИД1, КР514ИД2 (*б*)

КР514ИД1 для индикаторов с общим катодом, К514ИД2 и КР514ИД2 — для индикаторов с общим анодом, а также упоминавшиеся выше К155ПП5. Микросхемы К514ИД1 и К514ИД2 оформлены в плоском корпусе с 16 выводами, микросхемы КР514ИД1 и КР514ИД2 — в пластмассовом корпусе с 14 выводами. Для микросхем с 16 выводами напряжение питания +5 В подводится к выводу 16, общий провод — к выводу 8. Для микросхем с 14 выводами напряжение питания необходимо подвести к выводу 14, общий провод подводится к выводу 6. Разводка остальных выводов приведена иа рис. 106.

Микросхемы К514ИД1 и КР514ИД1 содержат ограничительные резисторы, обеспечивающие выходной ток около 5 мА. Электроды индикатора, рассчитанного на указанный ток, подключают к выходам микросхемы, а общий катод соединяют с общим проводом.

Микросхемы К155ПП5, К514ИД2 и КР514ИД2 не содержат ограничительрых резисторов, выходы через внешние резисторы подключают к катодам индикаторов с общим анодом. Сопротивление резисторов выбирают, исходя из номинального тока индикаторов, максимально допустимый ток для микросхем — 20 мА. Общий анод подключают к источнику +5 В или другого постоянного или пульсирующего напряжения, не превышающего 6 В.

Микросхемы К155ПП5, К514ИД2 и КР514ИД2 могут быть использованы для накальных индикаторов, их включают без ограничительных резисторов. Общий вывод индикаторов подключают к плюсу источника постоянного или пульсирующего напряжения, соответствующего их рабочему напряжению питания.

Люминесцентные вакуумные индикаторы можно подключить к выходам микросхем К155ПП5, К514ИД2 или КР514ИД2 с использованием кремниевых

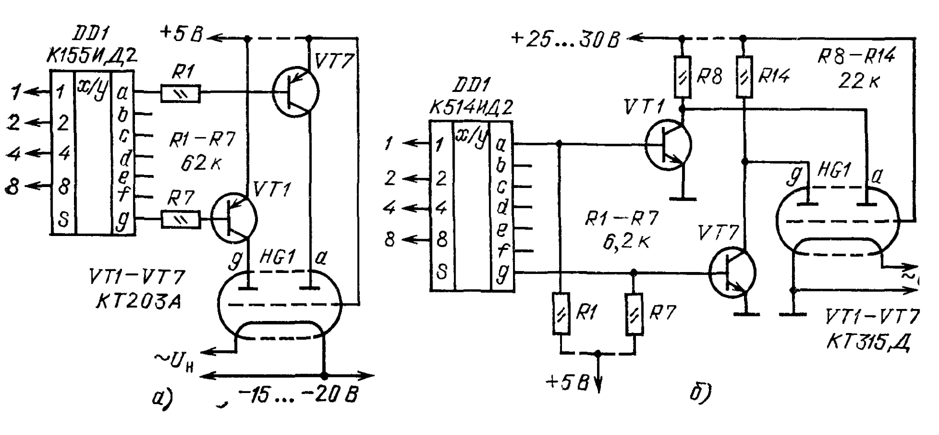


Рис. 107. Подключение вакуумных люминесцентных индикаторов к микросхемам К514ИД2, КР514ИД2

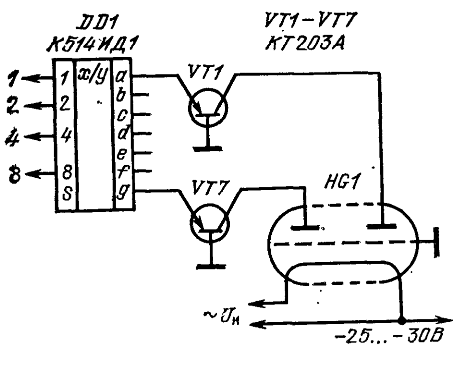


Рис. 108. Подключение вакуумных люминесцентных индикаторов к микросхемам К514ИД1, КР514ИД1

р-п-р транзисторов с допустимым напряжением коллектор — эмиттер не менее 30 В в соответствии с рис. 107,*а*. Подключение возможно и с использованием п-р-п транзисторов в соответствии с рис. 107,*б*.

Микросхемы К514ИД1 и КР514ИД1 могут быть использованы для подключения к вакуумным люминесцентным индикаторам по схеме рис. 108.

Вход S микросхем служит для гашения индикации при подаче на него лог. 0.

Динамическая индикация в цифровых приборах

В современных многоразрядных цифровых приборах для индикации показаний используется динамический принцип, позволяющий значительно сокращать число оборудования, управляющего цифровыми индикаторами, и проводников, соединяющих схемы управления и индикаторы.

Практически используются два метода организации динамической индикации, которые мы рассмотрим на примере индикации на цифровых газоразрядных лампах.

Структурная схема, соответствующая реализации первого метода, приведена на рис. 109. Генератор импульсов G работает на частоте 1 ... 10 кГц. Его выходные импульсы поступают на счетчик СТ10 с коэффициентом пересчета 10 и с него — на дешифратор DC, на выходах которого поочередно появляется низкий потенциал, поступающий на соответствующие катоды всех ламп HG1—HGN. Выходные сигналы счетчика, кроме того, поступают на блоки сравнения БС1—БСN, на которые также поступают сигналы от источника индицируемых сигналов, например от счетчика.

В моменты, когда код цифры, поступающий со счетчика, совпадает с кодом какой-либо из цифр, поступающим от источника сигнала, на выходе соответствующей схемы сравнения появляется сигнал. Этот сигнал усиливается одним из усилителей-формирователей У1—УN и в виде импульса положительной полярности прикладывается к аноду соответствующей лампы, в результате чего в ней загорается необходимая цифра.

Таким образом, за десять периодов работы генератора загорятся все лампы HG1——HGN. Если во всех лампах индицируется одна и та же цифра, все они загорятся одновременно, что сильно нагружает дешифратор. Этот недостаток первого метода динамической индикации ограничивает его применение.

Схема, иллюстрирующая второй метод динамической индикации, приведена на рис. 110. Здесь также используется генератор G на 1 ... 10 кГц. Счетчик СТ имеет коэффициент пересчета, равный числу индицируемых знаков, его выходы управляют четырьмя мультиплексорами MS1—MS4 (на рис. 110 MS2 и MS3 не показаны), поочередно подключающими выходы всех разрядов вход-

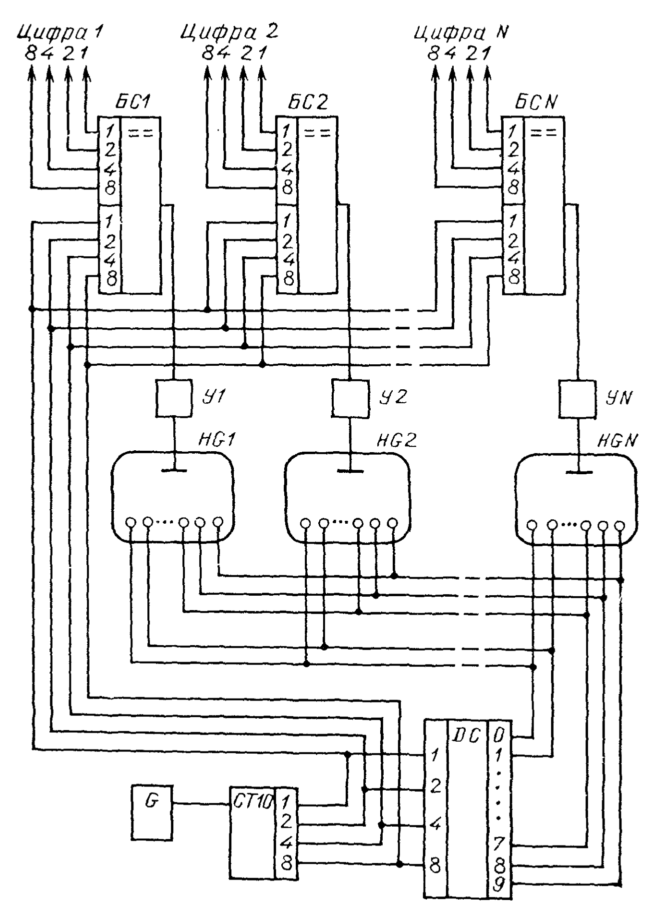


Рис. 109. Схема первого способа динамической индикации

ного кода к дешифратору DC10. Одновременно выходные сигналы со счетчика подаются на входы дешифратора DCN, выходные сигналы которого через усилители-формирователи У1—УN в виде положительных импульсов поочередно прикладываются к анодам ламп HG1—HGN. На катоды ламп подается сигнал с выхода дешифратора DC, в результате чего в лампах поочередно загораются необходимые цифры. При данном методе динамической индикации в каждый момент горит лишь одна цифра, что значительно облегчает режим работы дешифратора DC по сравнению с первым методом индикации.

Мультиплексоры MS1—MS4 могут быть заменены четырьмя сдвигающими регистрами, замкнутыми в кольца. Число разрядов сдвигающих регистров должно соответствовать числу индицируемых цифр. Информация из источника кода (счетчика) переписывается в сдвигающие регистры в момент окончания счета, после чего сдвигается тактовыми импульсами, поступающими с генератора. Сигнал с последних разрядов регистров поступает на входы дешифратора DC, в результате чего, так же как и при применении мультиплексоров, поочередно зажигаются необходимые цифры в индикаторах. Применение сдви-

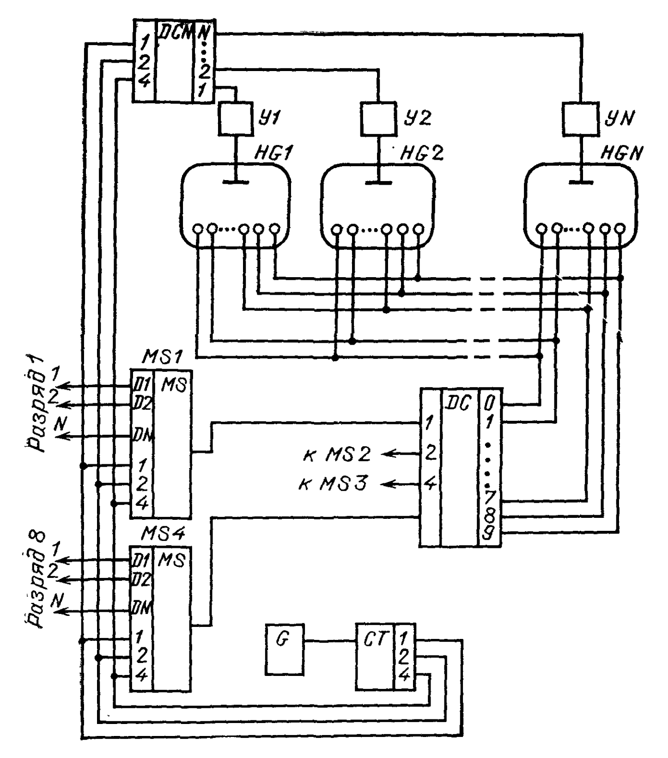


Рис. 110. Схема второго способа динамической индикации

гающих регистров позволяет отказаться от включения на выходе источников кода выходных регистров памяти, необходимых для исключения индикации процесса счета.

При отсутствии мультиплексоров задачу поочередного подключения выходов источников кода ко входам дешифратора нередко решают путем использования многовходовых схем И-ИЛИ, управляемых от сдвигающего регистра, в котором циркулирует единица в одном разряде, или от счетчика с дешифратором.

Наибольший выигрыш динамический принцип дает при применении семисегментных индикаторов. Для них десятичные дешифраторы схем рис. 109 и 110 заменяются на соответствующие преобразователи кодов, а анодные формирователи — на ключевые транзисторы. Для вакуумных люминесцентных индикаторов вместо анодных формирователей применяются транзисторы, управляющие зажиганием ламп по управляющей сетке.

Пример схемы устройства динамической индикации для пяти знаков приведен на рис. 111. В качестве индикатора в нем могут использоваться или пять полупроводниковых семисегментных индикаторов АЛ304А (АЛ304Б), или блок АЛС311.

Индикаторы АЛ304А имеют общий катод и восемь анодов — семь для образования цифр и один — запятой. В блоке АЛС311 установлено пять аналогичных индикаторов, одноименные аноды которых электрически объединены.

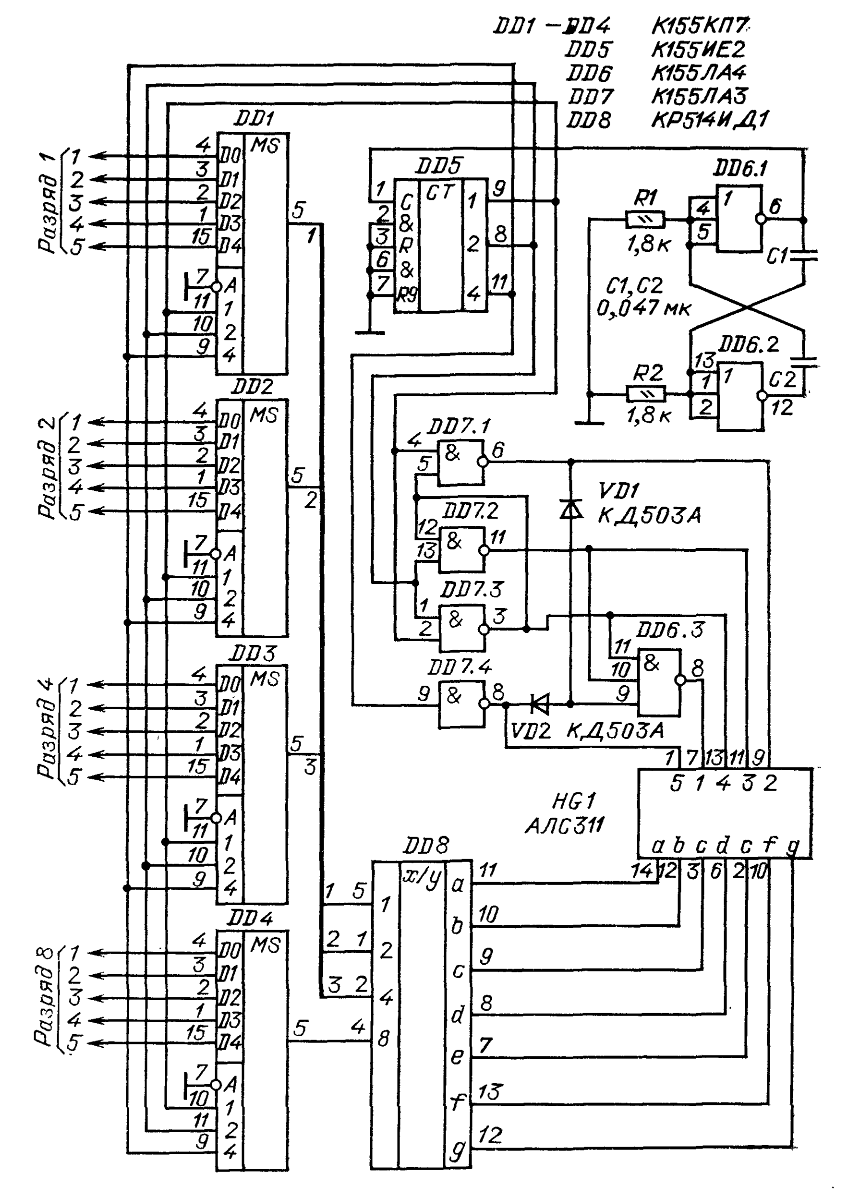


Рис. 111. Устройство динамической индикации с индикатором АЛС311

Индикация с использованием такого блока возможна только динамическим методом.

Для индикации цифр необходимо подать иа выводы анодов через ограничительные резисторы положительное напряжение в сочетании, обеспечивающем формирование необходимой цифры, а соответствующий катод заземлить.

Устройство динамической индикации (рис. 111) содержит генератор на элементах DD6.1 и DD6.2, импульсы с которого подаются на счетчик DD5 с коэффициентом пересчета 5. Сигналы с выхода счетчика подаются на управляющие входы мультиплексоров DD1—DD4 и на дешифратор на элементах DD7.1—DD7.4, DD6.3 и диодах VD1 и VD2. Выходы дешифратора подключены к катодам 1—5 индикатора HG1. Счет катодов идет от младшего правого знака. Сигналы с выходов мультиплексоров DD1—DD4 подаются на входы преобразователя кода 1—2—4—8 в код семисегментного индикатора DD8. Сигналы с выходов преобразователя DD8 управляют анодами a—g индикатора HG1. В результате на индикаторе индицируются цифры, соответствующие подаваемым на вход кодам.

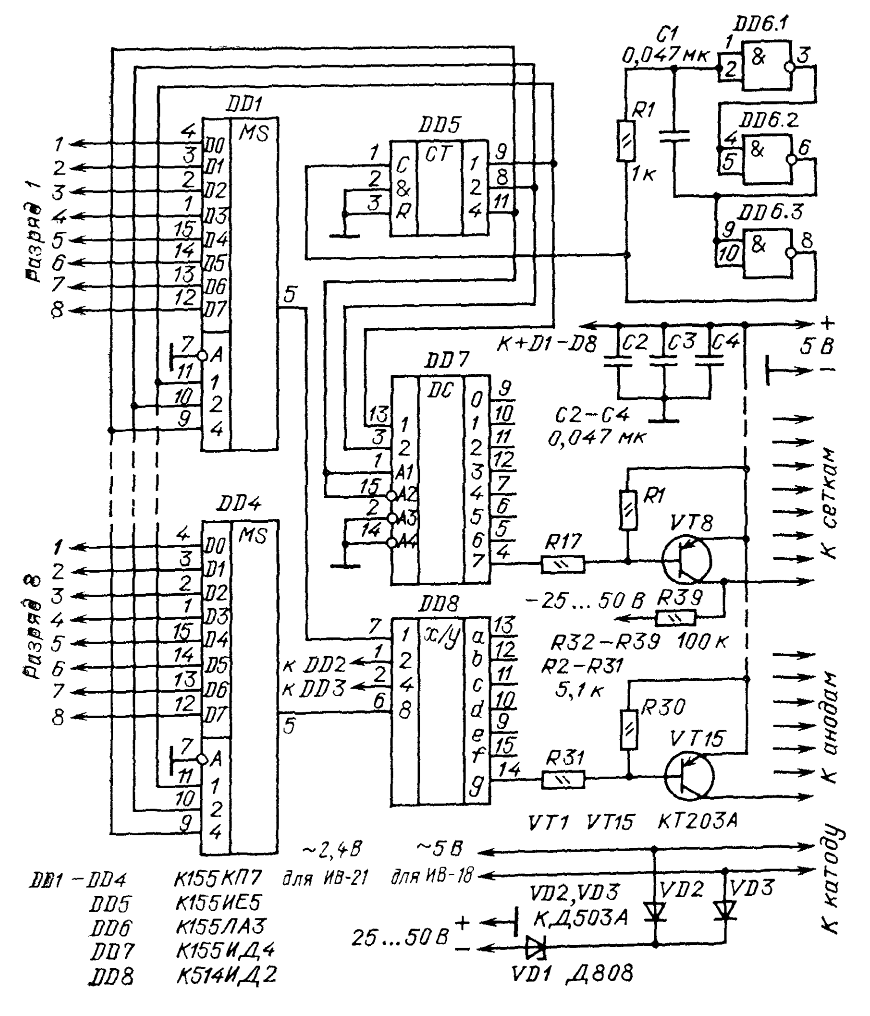


Рис. 112. Устройство динамической индикацией с индикатором ИВ-21 или ИВ-18

В дешифраторе диоды VD1 и VD2 необходимы для увеличения числа входов элементов DD6.3, вместо них и этого элемента можно использовать один четырехвходовый элемент И-НЕ.

Мультиплексоры К155КП7 можно заменить на К155КП5, однако в этом случае потребуются дополнительные инверторы для управления входами микросхемы DD8.

На рис. 112 приведена схема устройства динамической индикации с использованием восьмизнакового вакуумного семисегментного индикатора ИВ-21 или ИВ-18. Опрос источников информации для индикатора осуществляется с помощью мультиплексоров DD1—DD4, управляемых от счетчика DD5 и генератора DD6. Состояние счетчика DD5 дешифрируется микросхемой DD7, выходные сигналы которой через ключи VT1—VT8 управляют включением знаков индикатора по их сеткам. Одновременно с подачей на каждую сетку отпирающего напряжения на аноды индикатора с выхода преобразователя кода DD8 через ключи VT9—VT15 подается сочетание напряжений, формирующее необходимую цифру.

Стабилитрон VD1 и резисторы R32—R39 обеспечивают на сетках включенных знаков отрицательное относительно катода напряжение и их надежное запирание. Диоды VD2 и VD3 образуют искусственную среднюю точку напряжения накала.

Динамическая индикация дает выигрыш в количестве используемого оборудования при числе знаков, превышающем 5—8, причем эта граница сильно зависит от вида используемых индикаторов.

Матричная индикация

В настоящее время широкое распространение получила индикация букв, цифр и знаков на матричных 35-элементных индикаторах, имеющих 7 строк по 5 точек. Промышленностью выпускаются полупроводниковые индикаторы серий АЛ306, АЛС340А, практически все электронно-лучевые дисплеи используют матричный принцип индикации воспроизводимой информации.

Индикация на 35-элементных индикаторах возможна практически лишь динамическим способом. Индикация с использованием электронно-лучевой трубки описана в [6]. Рассмотрим возможный вариант схемы индикатора для четырех знаков при использовании светодиодных матриц АЛС340А (рис. 113). На этой схеме как DD4 обозначены элементы схемы рис. 76 (резисторы R1—R4 в этом случае на рис. 76 не нужны). Генератор DD1.1, DD1.2, DD1.3 со счетчиком строк DD2, DD3 обеспечивает на выходах DD2, DD3 поочередное появление кодов 00000, 00001, 00010...11111 и снова 00000 и т. д. Подключенные к выходам DD2 и DD3 дешифраторы DD5 и DD6 поочередно включают транзисторы VT6—VT33. В результате поочередно на строки индикаторов HG1—HG4 подается напряжение около +0,8 В. К выводам строк индикаторов подключены катоды светодиодов, расположенных на пересечении строк и столбцов. Аноды светодиодов подключены к выводам столбцов. Напряжение +5 В подается на выводы столбцов через ключи на транзисторах VT1—VT5, управление ключами ведется от выходов 1—5 ПЗУ DD4. Ток через диоды индикаторов ограничен резисторами R12—R16 на уровне порядка 100 мА. Скважность импульсов тока — 32, средний ток через каждый светящийся светодиод — около 3 мА, что обеспечивает его нормальную яркость свечения.

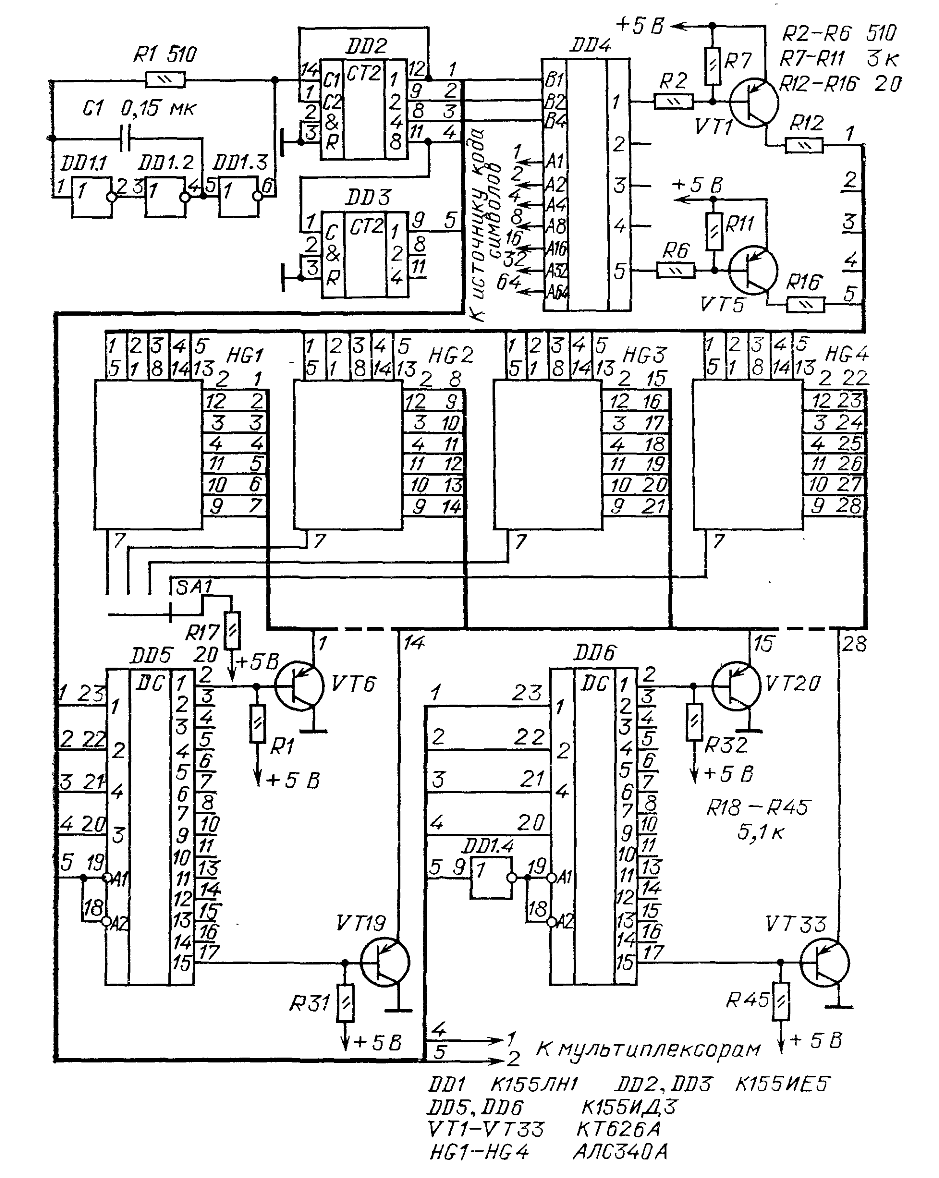


Рис. 113. Схема матричной индикации на четыре знака

Перебор строк одного индикатора идет сверху вниз, перебор индикаторов — слева направо. Состояниям счетчика строк 00000, 01000, 10000, 11000 не соответствует выбор каких-либо строк индикаторов, выходы 0 и 8 дешифраторов DD5 и DD6, соответствующие этим состояниям не использованы.

Индицируемые знаки определяются кодами, подаваемыми на входы A1—A64 DD4. Смена этих кодов должна осуществляться в моменты перехода от

одного индикатора к другому. Для смены кодов могут использоваться мультиплексоры, например К155КП2, управляемые с выходов 1 и 2 устройства. Логический 0 на обоих выходах 1 и 2 соответствует включению индикатора HG1, лог. 1 на выходе 1 и лог. 0 на выходе 2 — индикатора HG2 и т. д.

Десятичная точка перед индицируемыми цифрами может быть включена с помощью переключателя SA1. Транзисторы КТ626А можно заменить на КТ626 с любым буквенным индексом или на транзисторные матрицы КТС622А, Б.

Если необходимо вывести большее число знаков, возможно пропорциональное наращивание числа выходов дешифратора счетчика строк (при одновременном увеличении числа разрядов счетчика), однако возможен более экономичный вариант, например, на рис. 114 приведена измененная часть схемы рис. 113 для индикации восьми знаков.

В этой схеме так же, как и в схеме рис. 113, используется дешифратор на 28 выходов, однако индикаторы объединены в две группы. Первая группа индикаторов по столбцам управляется транзисторами VT1—VT5, вторая — VT34—VT38. Пока на выходе 2 микросхемы DD3 счетчика строк (он должен быть в этом случае шестиразрядным) лог. 0, выходные сигналы ПЗУ через микросхему DD7 и элемент DD9.1 включают транзисторы VT1—VT5 и поочередно включаются индикаторы HG1—HG4. Когда на выходе 2 микросхемы DD3 появляется лог. 1, выходные сигналы ПЗУ проходят через микросхему

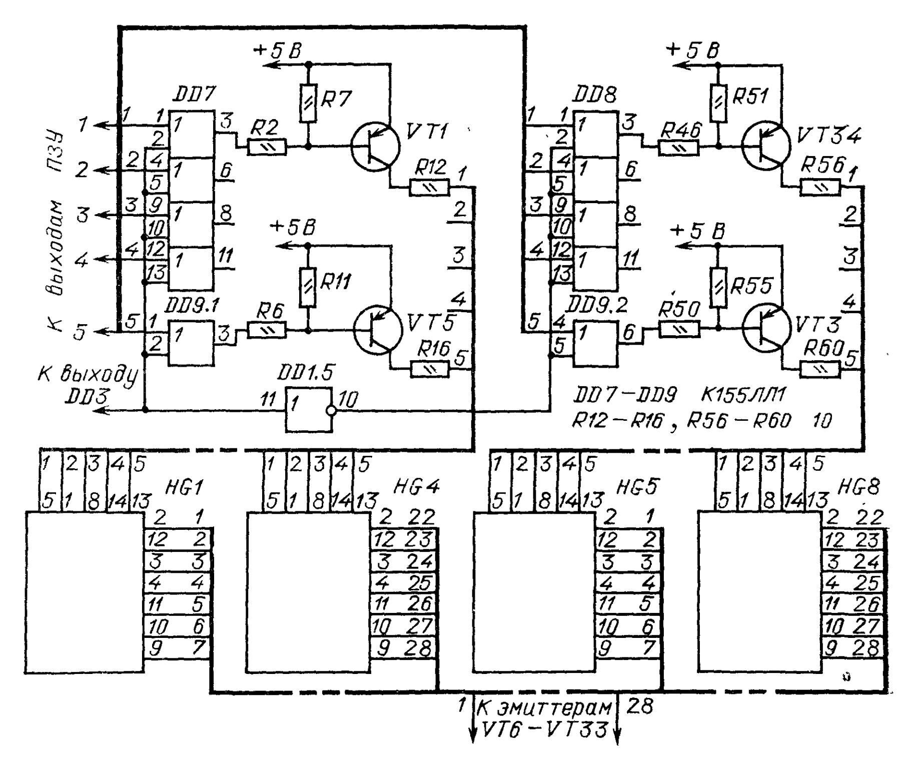


Рис. 114. Схема матричной индикации на восемь знаков

DD8 и элемент DD9.2 на транзисторы VT34—VT38 и включаются индикаторы HG5—HG8. Скважность импульсов тока через светодиоды в схеме рис. 114 составляет 64, поэтому амплитуда импульсов увеличена до 200 мА за счет уменьшения величины токоограничительных резисторов.

Конечно, рассмотренный вариант включения индикаторов (см. рис. 114) может быть использован и при меньшем чем восемь числе разрядов.

Информация может быть выдана и на табло больших размеров из ламп накаливания. На рис. 115 показана возможная схема такого табло на 4 знака. Табло содержит 140 ламп МН26-0,12, размещенных в четырех разрядах по 35 ламп. В каждом разряде лампы установлены по сетке с шагом 50 мм, размер индицируемых знаков — 200×300 мм, что позволяет наблюдать табло с расстояния до 100 м. Лампы 1 (рис. 116) установлены внутри тубусов 2, изготовленных из алюминиевой трубки, внутренняя поверхность трубок матирована травлением, наружная вместе с маской 3 окрашена черной матовой краской. Лампы и радиоэлементы табло помещены в кожух с вентиляционными отверстиями в нижней и верхней части и стеклом 4 в передней, сверху вентиляционные отверстия закрыты козырьком. Такая конструкция табло обеспечивает приемлемый контраст индицируемых знаков даже при прямом солнечном свете.

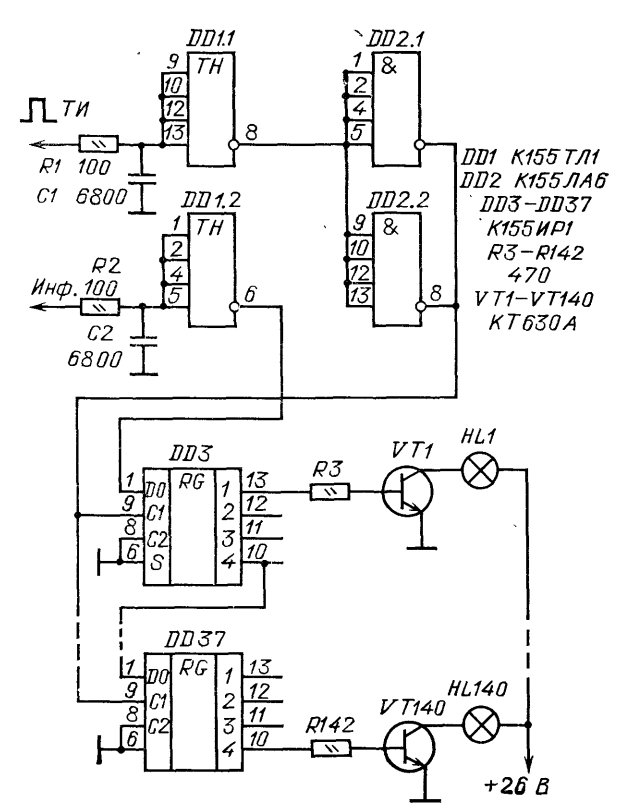


Рис. 115. Схема светового табло

Лампа HL1 — правая нижняя в правом знаке, HL2 — вторая справа в нижней строке первого знака, HL6 — правая во второй снизу строке правого знака и т. д., лампа HL140 — верхняя левая в левом знаке. Управляются лампы от 140-разрядного сдвигающего регистра, собранного на микросхемах DD3—DD37, через транзисторы VT1—VT140. Входные сигналы на регистр подаются по двум экранированным проводам длиной до 100 м через триггеры Шмитта микросхемы DD1 и буферные элементы микросхемы DD2.

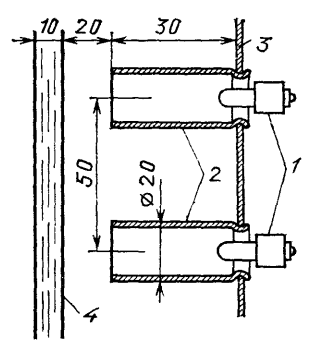


Рис. 116. Конструкция светового табло

Схема узла передачи информации на табло приведена на рис. 117. Узел содержит генератор DD1.1, DD1.2, DD1.3, работающий на частоте около 200 кГц, счетчик DD2—DD4, мультиплексор опроса выходов ПЗУ DD8 и триггеры DD5.1, DD5.2 формирования «пачки» из 140 импульсов.

Мультиплексор поочередно подключает к выходу передачи информации выходы ПЗУ. Время, в течение которого опрашивается каждый выход, — 30 мкс. В середине этого интервала на выходе 1 микросхемы DD2 формируется тактовый импульс длительностью 10 мкс, что гарантирует правильный прием информации в сдвигающий регистр табло.

Поочередная передача информации для 28 строк табло обеспечивается перебором строк внутри знака за счет подключения выходов микросхемы DD4 ко входам B1, B2, B4 ПЗУ и переключением знаков, управляемым сигналами с выходов 1 и 2 узла передачи.

Обновление информации на табло происходит один раз в несколько секунд по фронту импульса на входе Запуск узла. При этом триггер DD5.1 устанавливается в состояние 1. По спаду импульса на выходе триггера DD2.2 лог. 1 переписывается из триггера DD5.1 в триггер DD5.2, после чего триггер DD5.1 сбрасывается в 0. На вход 1 элемента DD6.1 поступает лог. 1, разрешающая прохождение тактовых импульсов с выхода 1 счетчика DD2.1 на выход ТИ узла. После подачи 160 импульсов на вход 2 DD6.1 на выходе триггера DD2.2 вновь возникает спад импульса и триггер DD5.2 установится в 0, выдача пачки прекращается. Из 160 импульсов через элемент DD6.1 пройдет только 140, так как при состоянии 000 счетчика DD4, соответствующем отсутствию выбора строки, выдача импульсов блокирована по входу 13 элемента DD6.1.

В результате на выходе ТИ узла появится пачка из 140 импульсов, на выходе Инф. каждый импульс пачки будет сопровождаться сигналом лог. 0, если необходимо включить соответствующую лампу табло, и лог. 1, если лампа должна быть погашена. Сигнал, приходящий с первым импульсом пачки, после прохождения 140 импульсов устанавливает в соответствующее состояние последний разряд сдвигающего регистра (выход 4 микросхемы DD37) и управляет левой верхней лампой табло HL140. Сигнал, сопровождающий последний импульс пачки, управляет правой нижней лампой HL1.

Мощные инверторы микросхемы DD7 обеспечивают работу узла на длинные экранированные провода, соединяющие его с табло, интегрирующие цепи R1C1 и R2C2 табло (рис. 115) служат для подавления помех и «звона» в проводах, триггер Шмитта микросхемы DD1 табло восстанавливают крутые фронты сигналов.

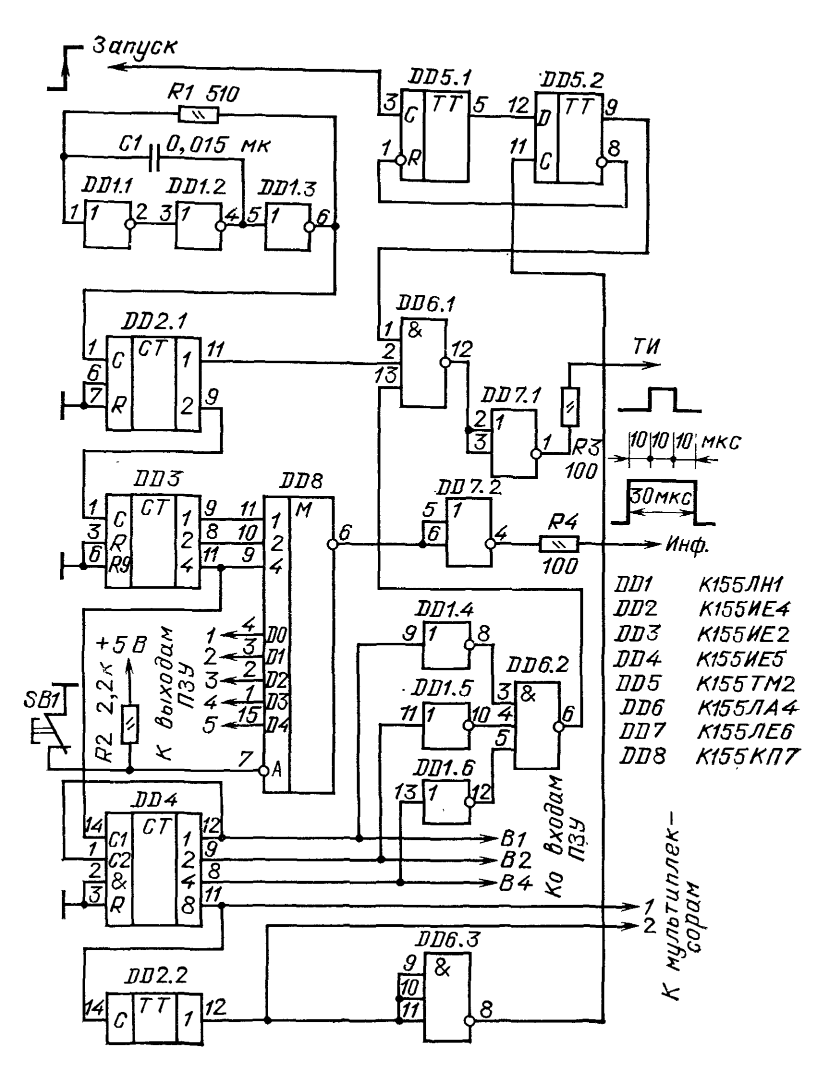


Рис. 117. Передающий узел светового табло

Кнопка SB1 позволяет производить контроль ламп — при ее нажатии все лампы при очередном обновлении информации включатся.

Для питания ламп табло можно использовать два трансформатора ТН-61, вторичные обмотки каждого трансформатора включают последовательно, сами трансформаторы — параллельно. Переменное напряжение 25,2 В выпрямляют мостом из диодов на рабочий ток 10 А, например КД203 с любым буквенным индексом.

При конструировании табло следует обратить особое внимание на общий провод табло. Общий провод микросхем и общий провод ламп должны быть проложены отдельно, соединить их следует одним проводником, по которо-

му ток питания ламп не должен проходить. Общий провод микросхем табло не должен соединяться с корпусом табло, но должен быть соединен с общим проводом узла передачи и с корпусом узла, это соединение может осуществляться за счет экранов проводов. Корпуса табло и узла передачи должны быть соединены между собой дополнительными проводниками общим сечением 1,5 ... 2 мм².

Транзисторы VT1—VT140 табло должны допускать в импульсе ток, примерно в 15 раз больший, чем рабочий ток используемых ламп. Это требование связано с тем, что сопротивление нити лампы в холодном состоянии в 10 раз меньше, чем в номинальном режиме, а амплитуда выпрямленного синусоидального напряжения в 1,4 раза больше эффективного. Коэффициент передачи тока базы должен быть не менее 40 (для номинального тока ламп 120 мА).

При использовании более мощных ламп необходима установка составных транзисторов (КТ315+КТ819, КТ827, КТ829) или тиристоров.

Знакогенератор радиолюбительского дисплея

Современные электронные вычислительные машины (ЭВМ) обычно снабжаются устройствами, внешне напоминающими одновременно телевизор и пишущую машину. Это так называемые дисплеи. Дисплеи позволяют оперативно осуществлять взаимодействие человека и ЭВМ.

В режиме вывода на экране дисплея может отображаться буквенная, цифровая, графическая информация, генерируемая ЭВМ. В режиме ввода оператор с помощью специального светового пера и клавиатуры может вводить в любое место экрана (а следовательно, и в память ЭВМ) разнообразную информацию, например различные буквы и цифры, линии, графические элементы, поворачивать их, передвигать по экрану, стирать. Таким образом, оператор может начертить на экране электрическую схему или чертеж. После того как чертеж спроектированного устройства сформирован он может быть проанализирован машиной, в результате чего на экран дисплея будут выведены параметры устройства. Если эти параметры удовлетворяют исходным требованиям, оператор с того же дисплея может дать команду на вывод комплекта чертежей и на выпуск перфолент для станков с числовым программным управлением.

Дисплей как устройство отображения разнообразной информации может использоваться в универсальном измерительном приборе, включающем осциллограф, генератор качающейся частоты, характериограф, цифровой частотомер, цифровой вольтомметр и др. Очень интересным может быть применение дисплея в трансивере радиолюбителя-коротковолновика. Дисплей в этом случае может содержать панорамную приставку, S-метр, индикатор расстойки, цифровую шкалу, часы, индикатор ориентации антенны.

Принципы отображения осциллограмм, частотных характеристик, характеристик полупроводниковых приборов и ламп на экране осциллографической трубки хорошо известны. Для индикации знаков в настоящее время используются два основных метода: упоминавшийся выше матричный (растровый) и нерастровый (функциональный). В первом случае на экране формируется растр, а различные элементы изображения создаются управлением яркостью луча, как и в обычном телевизоре. Этот метод наиболее универсален, но требует применения большого объема быстродействующей памяти.

При нерастровом методе луч последовательно вычерчивает отображаемые элементы. Если эти элементы имеют произвольную конфигурацию, второй метод не проще первого. В случае же отображения только одних цифр схема управления лучом получается достаточно простой и может быть выполнена в радиолюбительских условиях.

Для получения на экране цифр можно заставить луч обегать последовательно по контурам расположенные рядом семисегментные матрицы — стилизованные цифры 8. Тогда, «подсвечивая» определенные участки контуров, можно формировать все арабские цифры и даже некоторые буквы. Поэтому блок формирования цифр, часто называемый знакогенератором, кроме генератора напряжения развертки должен содержать устройство, определяющее, нужно или нет «подсвечивать» обегаемый в данный момент очередной элемент. Для этого коды, поступающие, например, от счетчиков поочередно подают на преобразователь двоично-десятичного кода (обычно 1—2—4—8) в код семисегментного индикатора. Выходы преобразователя кода поочередно, синхронно с прохождением луча по сегментам, управляют его включением и выключением.

Для поочередного подключения входов преобразователя кода к выходам счетчиков можно использовать мультиплексор или (так же как и в устройствах динамической индикации) замкнутый в кольцо сдвигающий регистр.

Для того чтобы кроме цифр можно было индицировать на экране и другую информацию, необходимо входы усилителей X, Y, Z дисплея через аналоговые коммутаторы подключать как к формирователям цифр, так и к нецифровым измерителям.

Описываемый знакогенератор позволяет индицировать на экране осциллографической трубки 16 десятичных цифр. Порядок обхода лучом с сегментов матрицы и эпюры управляющих движением луча сигналов показаны на рис. 118 и 119. Принципиальная схема устройства приведена на рис. 120.

Импульсы с частотой 10 кГц с выхода промежуточного делителя цифровой шкалы генератора поступают на восьмиразрядный двоичный счетчик, собранный на микросхемах DD8 и DD5. Первые три разряда счетчика (выводы 12, 9, 8 микросхемы DD8) управляют логическими элементами DD11, DD10.2, DD10.3, DD12, DD13. Входы этих элементов подключены к выходам счетчика непосредственно и через инверторы DD6.5, DD6.6, DD10.1.

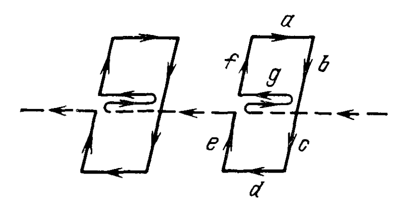
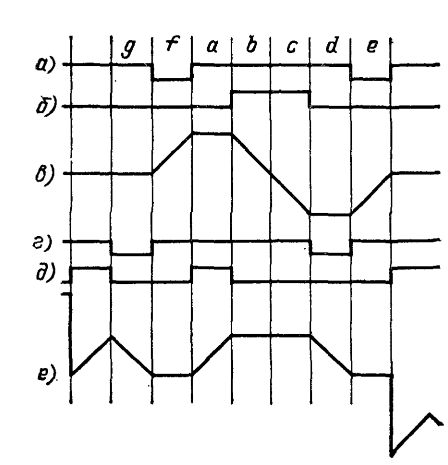


Рис. 118. Порядок обхода сегментов матрицы



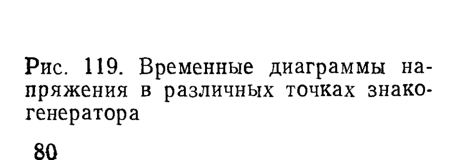


Рис. 119. Временные диаграммы напряжения в различных точках знакогенератора

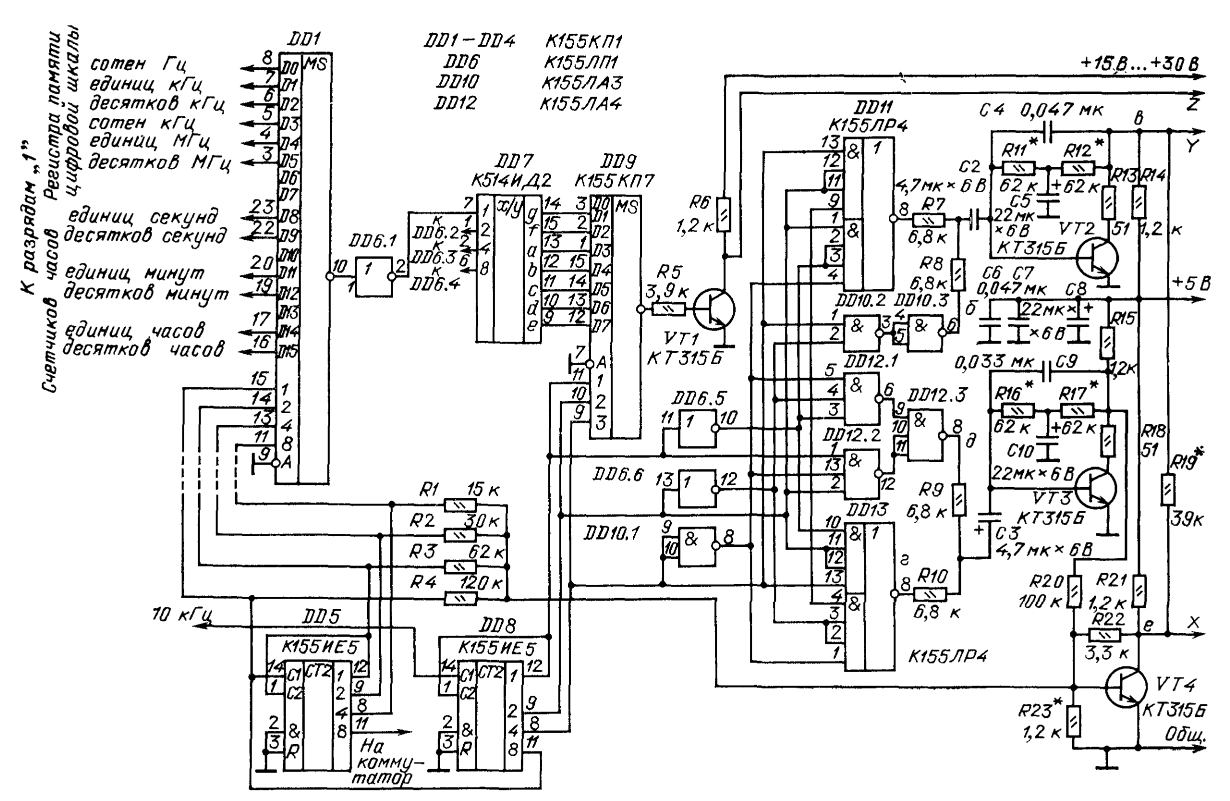


Рис. 120. Схема знакогенератора радиолюбительского дисплея

На выходах 8 микросхем DD11, DD12, DD13 и 6 элемента DD10.3 формируются импульсы в соответствии с диаграммами, приведенными на рис. 119. Этим импульсы через резисторы R7—R10 поступают на входы интеграторов, выполненных на транзисторах VT2 и VT3. Глубокая частотно-зависимая отрицательная обратная связь через конденсаторы C4 и C9 переводит обычные усилители с общим эмиттером в режим интеграторов. Обратная связь по постоянному току через резисторы R11, R12, R16, R17 стабилизирует рабочие точки интеграторов, а резисторы R13 и R18 предотвращают их самовозбуждение.

Выход интегратора канала X через резистор R20 подключен ко входу сумматора на транзисторе VT4. На этот же вход через резисторы R1—R4 подаются сигналы с 4—7-го разряда счетчика (выводы 11 DD8 и 12, 9, 8 DD5), и на выходе сумматора (коллекторе транзистора VT4) формируется спадающее ступенчатое напряжение, каждая из 16 ступенек которого имеет вид, показанный на рис. 119,*е*. На рис. 119,*в* показана форма сигнала на выходе интегратора Y (коллекторе транзистора VT2). В результате действия этих сигналов луч последовательно справа налево пробегает на экране по сегментам 16 матриц. Вначале погашенный луч проходит сегмент g (см. рис. 118), затем снова проходит тот же путь, будучи включен или выключен, после чего проходит последовательно сегменты f, a, b, c, d, e. Такой порядок движения луча снижает требования к полосе пропускания усилителей отклонения и улучшает качество начертания цифр, имеющих справа вертикальную линию из двух сегментов, особенно 1 и 7, так как эти сегменты чертятся без разрыва.

Наклон цифр достигается подачей на выход сумматора X сигнала с выхода интегратора Y через резистор R19.

Для последовательного опроса источников кода 16 индицируемых цифр использованы мультиплексоры DD1—DD4. Адресные входы мультиплексоров подключены к выходам 4—7-го разрядов счетчика. В результате на выходе инвертора DD6.1 поочередно формируются сигналы со входов DD1, подключаемых к младшим разрядам соответствующих источников входных кодов. Коды других трех разрядов формируются на выходах инверторов DD6.2, DD6.3. DD6.4, входы которых подключены к выходам DD2—DD4 (эти ИС на рис. 120 не показаны). Их входы D0—D15 подключают к соответствующим разрядам источников входного кода, входы 1, 2, 4, 8 — к выходам DD1.

Двоично-десятичные коды индицируемых цифр поочередно подаются на входы DD7, преобразующей коды цифр в сигналы управления семисегментным индикатором. Сигналы с выходов DD7 с помощью мультиплексора DD9 синхронно с прохождением луча по соответствующим сегментам подаются на базу транзистора VT1, коллектор которого через конденсатор подключен к катоду электронно-лучевой трубки (канал Z). В результате на экране формируется изображение цифр, коды которых поступили на входы DD1—DD4. Если входы, соответствующие какой-либо цифре, не подключены к источнику кода, что эквивалентно лог. 1 во всех разрядах входного кода, в момент прохождения луча по контуру этой цифры на всех выходах DD7 будут уровни лог. 1, транзистор VT1 выключится, луч погаснет и этой цифры на экране не будет. Это позволяет формировать необходимые последовательности знаков, разделенные интервалами.

Сигнал с выхода 11 микросхемы DD5 может использоваться для управления коммутатором (см. с. 80).

Микросхемы серии К155, использованные в устройстве формирования цифр, можно заменить аналогичными микросхемами серии К133. Транзисторы VT2 и VT3 должны иметь $h_{21\,э}$ не менее 100.

При сборке устройства резисторы, помеченные на рис. 120 звездочкой, и конденсаторы С2 и С3 не устанавливают. Конденсаторы С6 и С7 располагают в противоположных углах монтажной платы.

Налаживание начинают с проверки работы счетчика — на каждом из последующих выводов 12, 9, 8, 11 микросхемы DD8 и 12, 9, 8, 11 микросхемы DD5 частота должна уменьшаться вдвое по сравнению с предыдущим. Форма сигналов на выводах 8 DD11—DD13 и 6 DD10 должна соответствовать показанной на рис. 119.

Подбирая резисторы R11, R12, R16, R17, устанавливают постоянное напряжение на коллекторах транзисторов VT2 и VT3 в пределах 2,4 ... 2,6 В. При этом номинальные значения резисторов R11 и R12, R16 и R17 должны различаться между собой не более чем в 1,5 раза.

Устанавливая конденсаторы С2 и С3, проверяют по осциллографу соответствие формы напряжения на коллекторах транзисторов VT2 и VT3 приведенной на рис. 119 (на коллекторе транзистора VT3 оно должно быть инверсно). Если размах напряжения от пика до пика выходит за пределы 1,5 ... ... 2,5 В, следует подобрать конденсаторы С4 и С9. Небольшой наклон плоской части импульсов роли не играет.

Подключая вместо постоянного резистора R22 переменный, устанавливают постоянную составляющую напряжения на коллекторе транзистора VT4 в пределах 2,4 ... 2,6 В. Подключают выходы X и Y ко входам соответствующих усилителей отклонения дисплея или осциллографа, в результате чего на экране должно возникнуть изображение цифры 8. Устанавливая необходимые размеры цифры изменением коэффициента усиления каналов, впаивают резистор R4, при этом на экране должны появиться две цифры. Подбором резистора R4 устанавливают расстояние между цифрами примерно равным ширине цифры. Затем впаивают последовательно резисторы R3, R2, R1. При этом на экране формируется соответственно 4, 8 и 16 цифр. Подбором резисторов R1 и R2 можно сформировать на экране группы цифр — две группы по 8 цифр, четыре группы по 4 и т. д. Вместе с использованием возможности гашения отдельных цифр это позволяет получать разнообразные сочетания знаков.

В процессе подбора резисторов R1—R4 постоянное напряжение на коллекторе транзистора VT4 следует корректировать регулировкой резистора R22. После настройки его заменяют постоянным.

Наклон цифр устанавливают подбором резистора R19.

Подключая выход Z к модулятору электронно-лучевого индикатора и подводя ко входам мультиплексоров соответствующие коды, проверяют работу устройства в целом.

При указанном на рис. 120 порядке подключения входов мультиплексоров к статическому регистру памяти цифровой шкалы на ИС К155ТМ5 и к счетчикам электронных часов на экране дисплея будут сформированы строка из трех групп по две цифры (часы, минуты и секунды) и группа из шести цифр (частота работы трансивера).

Будильники и таймеры с набором времени переключателями

Электронные часы во многом теряют, если в них не встроен будильник. Небольшое усложнение описанных выше вариантов часов позволит исправить это положение. Близкими по схемам к будильникам являются таймеры — электронные реле времени.

Пожалуй, самым простым по своей технической сути является построение будильников и таймеров по следующему принципу. В каждой декаде или счетчике часов к выходам дешифраторов через переключатели подключают элемент ИЛИ-НЕ (ИЛИ) (рис. 121). На вход счетчика подают импульсы частотой, определяемой шагом, с которым надо иметь установку времени. Число декад счетчика определяется максимальной требуемой выдержкой.

Переключателями устанавливают необходимое время. В момент пуска на вход Счет подают импульсы. Пока состояние счетчика не соответствует набранному переключателями времени, на всех или на части входов элемента ИЛИ-НЕ присутствует лог. 1 и на выходе элемента DD3 — лог. 0. Когда счетчик придет в состояние, соответствующее набранному переключателями, на всех входах элемента ИЛИ-НЕ будет лог. 0, элемент выключится и на его выходе появится сигнал лог. 1, который включит соответствующий исполнительный механизм.

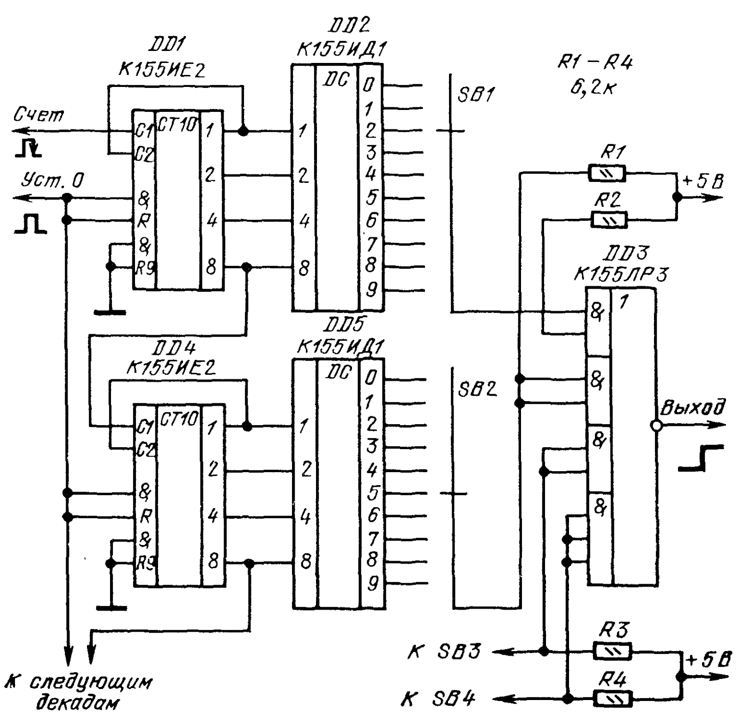
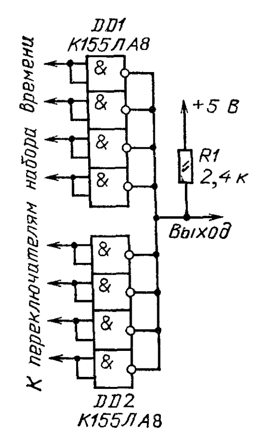


Рис. 121. Схема таймера с набором времени переключателями

Рис. 122. Многоводовый элемент ИЛИ-НЕ на ИС К155ЛА8



При числе декад более четырех в качестве элемента ИЛИ-НЕ удобно использовать микросхемы с открытым коллектором К155ЛА8, К155ЛН2, допускающие объединение выходов (рис. 122), К155ЛЕ3 (см. рис. 2,*б*).

Если в качестве дешифраторов DD2, DD5 схемы рис. 121 использованы микросхемы К155ИД1, вывод 7 DD3 следует соединить с общим проводом через любой маломощный кремниевый диод (см. рис. 49). Если же используются дешифраторы К155ИД3, К155ИД4 (см. рис. 45), этого диода, а также резисторов R1—R4 не требуется.

Если к выходу дешифраторов подключены газоразрядные индикаторы, необходима защита элемента ИЛИ-НЕ от высокого напряжения на катодах лампы. Диоды в цепях входов микросхемы ИЛИ-НЕ приведут к еще большему рассогласованию уровней, поэтому элемент ИЛИ-НЕ лучше выполнить на диодах и транзисторе.

На рис. 123 приведена схема будильника для описанных выше часов на микросхемах серии К134.

Диоды VD1—VD11 и транзистор VT12 образуют элемент ИЛИ-НЕ. Если контакты переключателя SB5 замкнуты, триггер DD1.2, DD1.3 сигналом лог. 0 закрывает прохождение сигналов с выходов делителя частоты кварцевого генератора через DD1.4 и VT15 на головку HA1. В случае разомкнутого состояния контактов SA5 (включение будильника) при совпадении показаний часов и времени, набранного переключателями SA1—SA4, транзистор VT15 выключается, на выходе DD1.1 появляется уровень лог. 0, триггер переключается и на головку поступает сигнал 500 ... 1000 Гц, прерываемый с частотой 1 ... 2 Гц. Сигнал будильника будет звучать до тех пор, пока контакты SA5 не будут вновь замкнуты. Конденсатор C1 служит для исключения ложного срабатывания будильника от помех и при переходных процессах в счетчиках

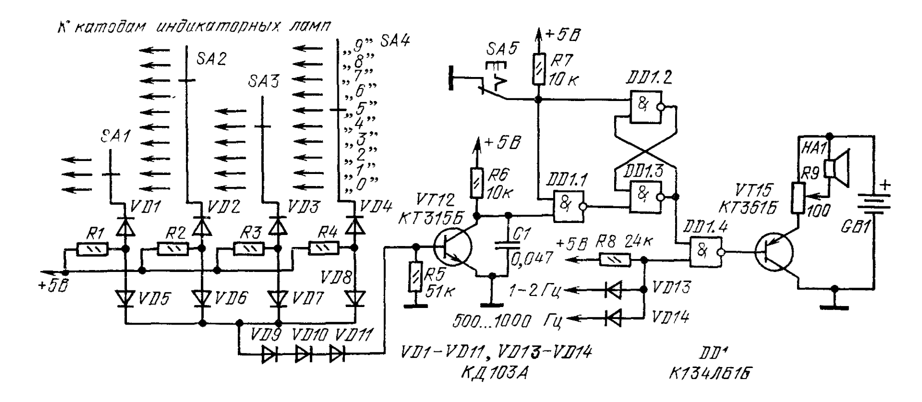


Рис. 123. Схема будильника для часов на микросхемах серии К134

часов. Диоды VD13 и VD14 и резистор R8 можно исключить, заменив элемент DD1.4 трехвходовым. Батарея GB1 из двух элементов 316 необходима, так как бестрансформаторный блок питания часов не может обеспечить необходимой мощности. Поскольку расход энергии батареи невелик, одного комплекта достаточно на год работы часов. Головка HA1 — любого типа. Переключатели SA1 — SA4 — МПН-1, SA5 — П2К, транзисторы — любые кремниевые соответствующей структуры. Диоды VD1—VD4 на напряжение не менее 60 В, остальные — любые кремниевые маломощные.

По такой же схеме можно изготовить будильник и для часов на микросхемах серии К155. В них батарея GB1 не обязательна — можно использовать основной сетевой источник питания. Частоту 500 Гц необходимо получить, поделив на одном триггере частоту 1000 Гц с выхода DD4 (см. рис. 97). Использовать непосредственно частоту 1000 Гц так же, как и 1 Гц с выхода DD6, нельзя из-за высокой скважности импульсов на выходе микросхемы К155ИЕ1. Поэтому вместо частоты 1...2 Гц можно использовать частоту 0,5 Гц, поделив 1 Гц с помощью триггера, или 1,25...2 Гц, поделив частоту 10 Гц на цепочке из трех триггеров любой из микросхем К155ИЕ2—К155ИЕ5.

Будильники и таймеры с кнопочным набором времени

Набор времени с помощью переключателей не всегда удобен, поэтому представляет интерес построение будильников и таймеров без переключателей, с набором времени с помощью кнопок. Схема самого простого варианта такого устройства (по принципу действия, но не по числу микросхем) приведена на рис. 124. Для упрощения схемы показана ее часть, соответствующая одной цифре набираемого времени. Левая декада (микросхема DD1) — счетчик времени с индикатором HG1, подключенным через дешифратор DD2. Правая декада (микросхема DD3) — устройство памяти, в которое предварительно записано необходимое время включения исполнительного устройства. Запись может быть осуществлена подачей на вход декады импульсов с последующим

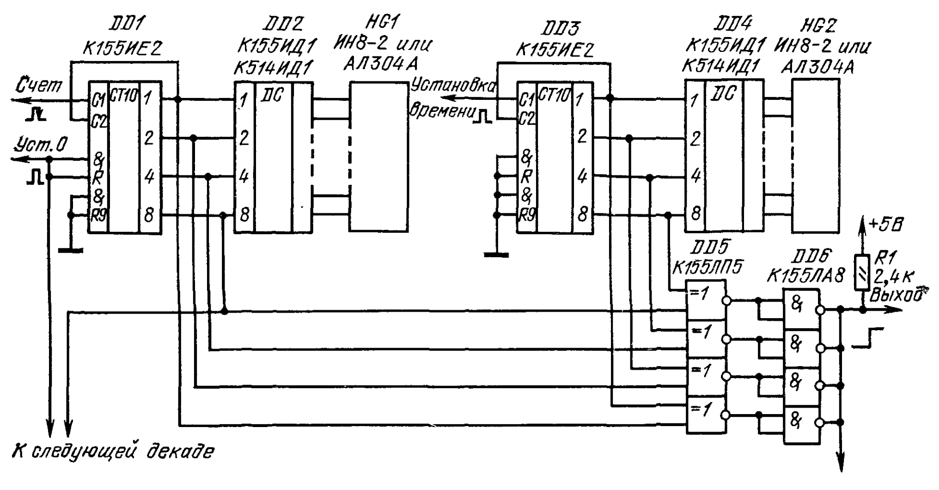


Рис. 124. Схема одного десятичного разряда таймера с кнопочным набором времени

контролем записанного числа по индикатору HG2. Декады памяти могут быть соединены между собой в счетчик. В первом случае на вход счетчика памяти следует подавать вначале импульсы достаточно высокой частоты, обеспечивающие переключение старшей декады счетчика с частотой 1 ... 2 Гц, затем частоту импульсов снижают, поочередно устанавливая декады счетчика памяти в нужное состояние, контролируя на индикаторах необходимое время. Во втором случае через кнопки на входы декад памяти независимо друг от друга подают импульсы с частотой 1 ... 2 Гц и устанавливают каждую декаду в нужное состояние. Второй способ удобнее, так как установка каждой цифры производится независимо от остальных. Необходимое время может быть записано также с использованием микросхемы К155ТМ5, установленной на место DD3.

Выходы декады счетчика времени и декады счетчика памяти подключаются к схеме сравнения кодов, собранной на ИС DD5 и DD6. При совпадении кодов на выходах декад DD1 и DD3 на всех выходах DD5 будут уровни лог. 0.

В момент пуска на счетчик времени (на схеме показана одна его декада DD1) подают импульсы с необходимой частотой. В момент, когда код времени, поступающий с выходов декады DD1 на входы элемента сравнения DD5, совпадает с кодом, хранящимся в декаде DD3, все элементы микросхемы DD6 выключатся. Когда коды всех декад счетчика времени совпадут с кодами всех декад памяти, выключатся все микросхемы, выходы которых объединены с DD6, на выходе устройства появится уровень лог. 1 и сработает исполнительный механизм.

Из приведенного описания следует, что дешифратор DD2 и индикатор HG1 необходимы лишь для оперативного контроля работы таймера и могут быть исключены из схемы.

Уменьшить число дешифраторов и индикаторов в схеме рис. 106 можно также установкой электронного переключателя, подключающего входы дешифратора к выходам декады счетчика или декады памяти (рис. 125).

Схемы реле времени, построенных по описанному принципу, довольно сложны, но это практически единственно возможный путь установки в часы будильника с кнопочным набором времени подачи сигнала. Другим удобством этих схем является возможность неоднократного повторения один раз набранной выдержки, а также индикация времени, прошедшего от начала выдержки, и времени, соответствующего окончанию выдержки.

Если изготовляется собственно таймер, можно пойти по другому пути. В счетчик записывают число, соответствующее требуемой выдержке. В момент начала выдержки на счетчик подают импульсы с необходимой частотой, уменьшающие показания счетчика. При достижении счетчиком состояния 0 счетчик останавливается, что является сигналом окончания выдержки.

В зависимости от типа использованных в счетчике таймера микросхем запись необходимого времени может производиться или подачей на счетчик импульсов с непрерывным контролем по индикаторам, или от переключателей без контроля. На рис. 126 приведена схема таймера с использованием в счетчике микросхемы К155ИЕ2. Особенностью схемы счетчика является подключение индикаторов к его дешифраторам — порядок подключения катодов газоразрядных ламп противоположен обычно используемому. Поэтому при состоянии счетчика 000 на лампах индицируется 999, при состоянии 001—998, при состоянии 999 индицируется 000. При подаче на вход счетчика импульсов по-

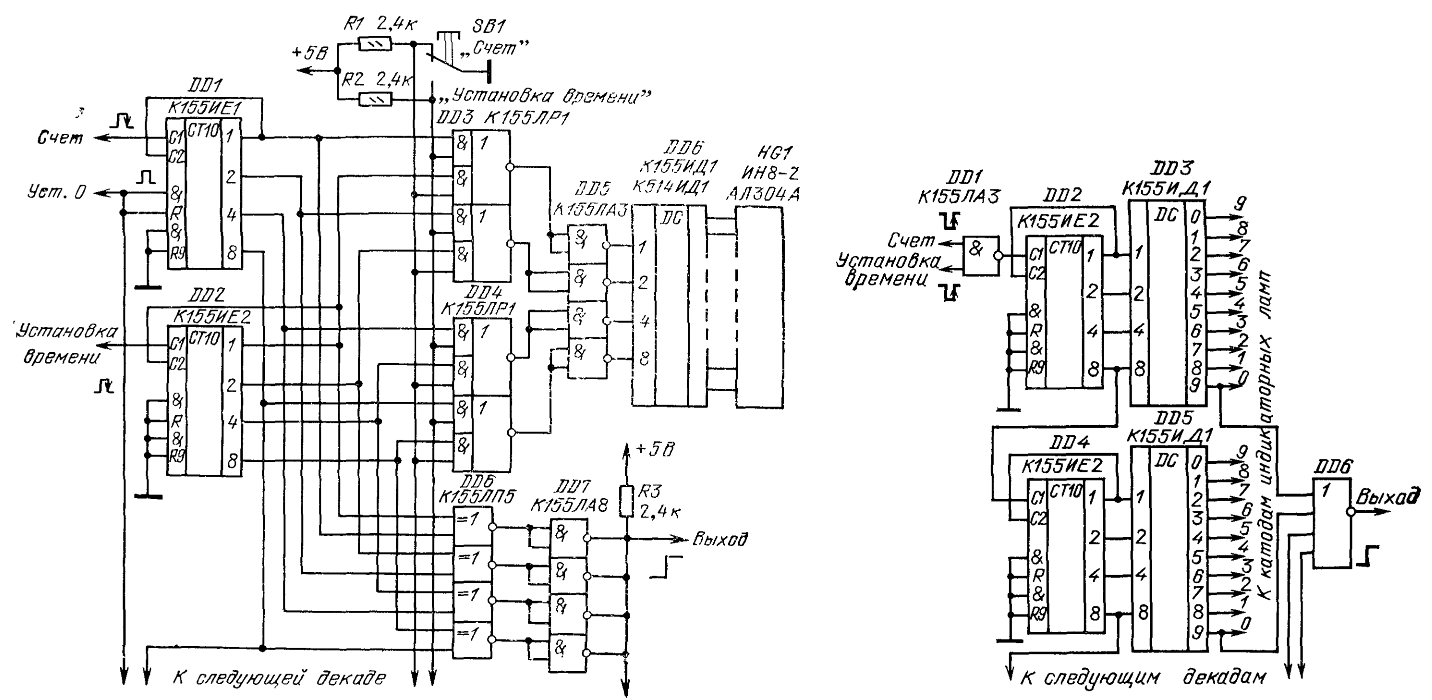


Рис. 125. Схема одного разряда таймера с переключением индикаторов

Рис. 126. Схема таймера на микросхемах К155ИЕ2

казания индикаторов будут уменьшаться. Запись необходимого времени производят подачей на вход Установка времени счетчика импульсов с различной частотой.

Для отсчета времени на вход Счет также подают импульсы с необходимой частотой. В момент, когда счетчик установится в состояние 999, а на лампах будет индицироваться 000, на выходе элемента ИЛИ-НЕ появится уровень лог. 1, который и будет сигналом окончания выдержки. Недостатком таймера, собранного по такой схеме, является невозможность повторения набранной один раз выдержки. Элемент ИЛИ-НЕ должен собираться на диодах и транзисторе аналогично схеме рис. 123.

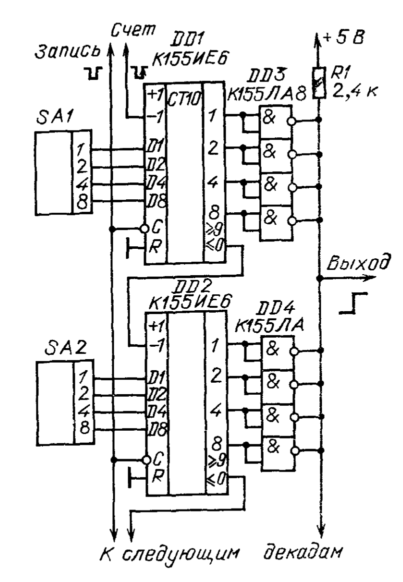


Рис. 127. Схема таймера с установкой времени переключателями

На рис. 127 приведен вариант схемы таймера, в котором установка необходимого времени производится переключателями и контроль времени по индикаторам не обязателен. Шифраторы набора времени SA1, SA2 могут быть выполнены или на четырехплатных переключателях на 10 положений (рис. 128,*а*), или на одноплатном переключателе, но с использованием микросхем (рис. 128,*б*). На переключателях SA1, SA2 и т. д. набирают необходимое время, на шину Запись подают импульс, обеспечивающий запись этого времени в счетчик, после чего на вход Счет подают импульсы с необходимой частотой.

а) *б)*

Рис. 128. Схема шифраторов набора времени на основе четырехплатного (*а*) и одноплатного (*б*) переключателей

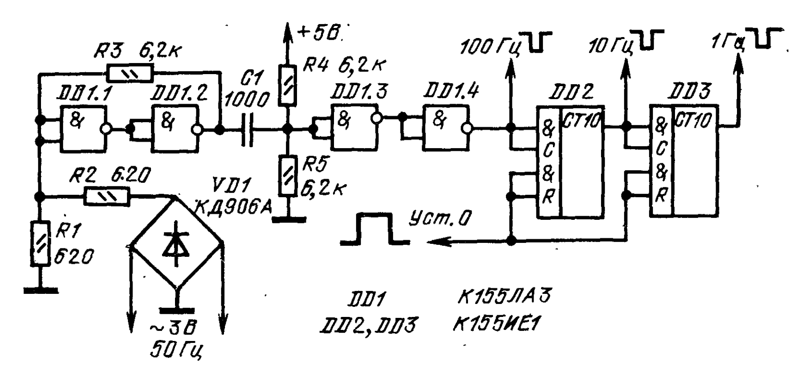


Рис. 129. Схема формирователя счетных импульсов

При установке счетчика в 0 на выходе элемента ИЛИ-НЕ появится уровень лог. 1, указывающий на окончание выдержки. Таймер, собранный по схеме рис. 127, позволяет многократно повторять выдержку, набранную на переключателях.

Для борьбы с дребезгом контактов кнопок в устройствах по схемам рис. 124—126 можно использовать подачу импульсов отрицательной полярности с длительностью, существенно меньшей, чем порядок длительности импульсов дребезга. Тогда за время дребезга контактов через них при достаточно малой частоте импульсов может пройти максимально один импульс.

Для формирования отрицательных импульсов малой длительности и деления их частоты можно использовать схему рис. 129. Триггер Шмитта DD1.1, DD1.2 формирует прямоугольные импульсы со скважностью, близкой к 2, и частотой 100 Гц. Продифференцированные цепочкой C1R4R5 и сформированные инверторами DD1.3 и DD1.4 импульсы имеют отрицательную полярность и длительность около 2 мкс. Уже упоминавшейся особенностью микросхемы К155ИЕ1 является равенство длительностей входных и выходных импульсов, что и требуется в данном случае.

При подаче импульсов на вход счетчика при счете времени необходимо, чтобы первый счетный импульс после пуска пришел на вход счетчика ровно через время, равное периоду счетных импульсов. Это обеспечит высокую точность выдержки времени (и правильность пуска в часах). Поэтому перед началом счета на вход установки 0 делителей, формирующих необходимую частоту счетных импульсов, следует подать сигнал Уст. 0, который снимают в момент пуска, что обеспечивает необходимую начальную фазу импульсов. Погрешность момента подачи первого импульса не превысит периода входной частоты делителя. Для схемы рис. 129 эта погрешность составляет 0,01 с для любого выхода.

При подаче сигналов на входы интегральных микросхем через контакты следует также обязательно подключать входы ИС, отключаемые в процессе переключения от источника сигнала, к источнику питания через резисторы 1 ... 10 кОм. Это исключит возможность ложных срабатываний микросхем от наводок в те моменты, когда входы микросхем отключены от источника сигнала.

Таймер на интегральных микросхемах серии К155

Таймер имеет следующие параметры: максимальная выдержка 9999 с (дискрет 1 с) и 999,9 (дискрет 0,1 с), точность выдержки определяется точностью частоты сети, набор времени — кнопочный, аналогично набору чисел в микрокалькуляторах, возможно многократное повторение один раз набранной выдержки, на табло индицируется оставшееся до окончания выдержки время.

Блок управления (рис. 130) содержит шифратор (многокнопочный переключатель SB1, микросхемы DD1, DD2, DD3.1), распределитель строб-импульсов (DD9, DD3.2, DD3.3, DD3.4, DD10, DD11, DD12), формирователь счетных импульсов (DD4, DD5, DD6), генератор звукового сигнала (DD7.1, DD7.2, DD7.3), триггеры управления (DD9.1 и DD9.2, DD8.1 и DD7.4, DD8.2 и DD8.3).

Счетная часть (рис. 131) содержит регистр памяти (DD13—DD16), счетчик (DD17—DD20), диодный элемент ИЛИ (матрицы А1 и А2), преобразователи кода 1—2—4—8 в коды семисегментного индикатора (DD21—DD24), резисторные блоки (R24—R27), семисегментные полупроводниковые индикаторы АЛ305А (HG1—HG4). На рис. 131 развернута половина схемы. Нижняя часть схемы отличается от верхней отсутствием цепи зажигания десятичной точки (SA3.2, нижние резисторы резисторных блоков R24 и R25, сегмент h — точка HG1).

При нажатии на одну из кнопок переключателя SB1 (см. рис. 130) на выходах 1—2—4—8 шифратора появляется код, соответствующий нажатой кнопке. Одновременно входной ток микросхемы шифратора вместе с током одного из резисторов R2—R11 включает транзистор VT2, который, в свою очередь, устанавливает все триггеры в необходимые состояния. Спад положительного импульса с выхода 11 DD9.2 дифференцируется цепочкой C7R18 и формируется в прямоугольный импульс отрицательной полярности триггером Шмитта DD3.2, DD3.3. Этот импульс обеспечивает выдачу импульса отрицательной полярности с выхода 0 стробируемого по входам А1 и А2 дешифратора DD11. После инвертирования элементом DD12 с выхода 8 этот импульс в положительной полярности поступает на вход стробирования микросхемы регистра памяти DD16 (см. рис. 131), на информационные входы которой поступает код с выходов шифратора. Происходит запись кода в триггеры этой микросхемы. Уровень лог. 0 с выхода DD8.2 поступает на входы записи ИС DD17—DD20 и разрешает перепись кода из регистра памяти в счетчик. Состояние DD20 преобразуется в код семисегментного индикатора, который поступает на индикатор HG4.

Спадом импульса положительной полярности с выхода DD3.4 счетчик DD10 переключается в состояние 1. В момент отпускания нажатой кнопки переключателя SB1 триггер DD9.1, DD9.2 переключается в исходное состояние.

Следующее нажатие кнопки переключателя SB1 приводит к формированию импульса на очередном выходе DD12 и записи кода нажатой кнопки в очередную ИС регистра памяти DD15, DD14, DD13 и счетчика DD19, DD18, DD17 (см. рис. 131). Процесс записи контролируется по индикаторам HG1—HG4. После четырех нажатий на кнопки SB1 информация в регистре и счетчике полностью обновляется. Если в процессе набора выдержки допущена ошибка, набор можно повторить.

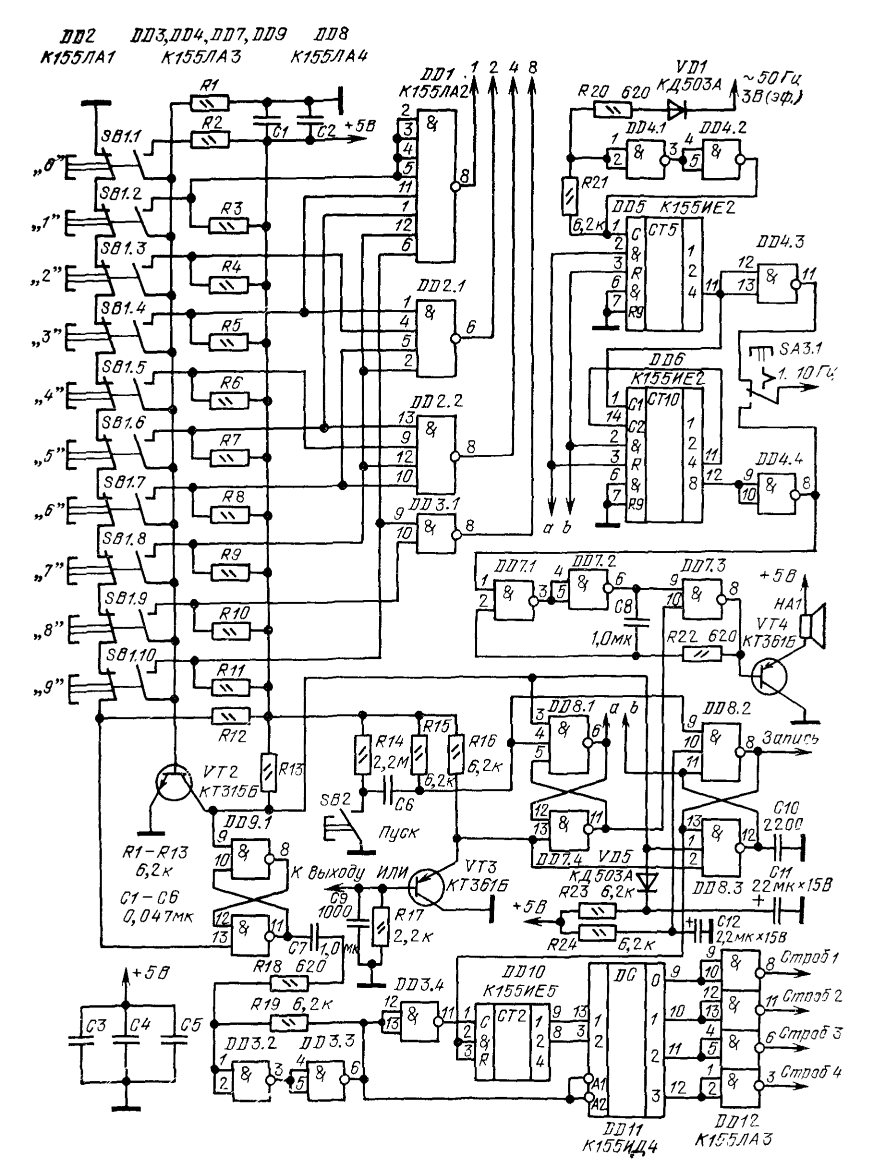


Рис. 130. Схема блока управления таймера

Импульсы счета времени формируются из частоты сети 50 Гц. Напряжение 3 В с обмотки трансформатора триггером Шмитта DD4.1, DD4.2 (см. рис. 112) преобразуется в импульсы и делится до частоты 10 Гц микросхемой DD5 и до 1 Гц микросхемой DD6. Выбор необходимой частоты осуществляется переключателем SA3.1. При частоте 10 Гц на индикаторе HG1 переключателем SA3.2 зажигается десятичная точка. Во время набора времени

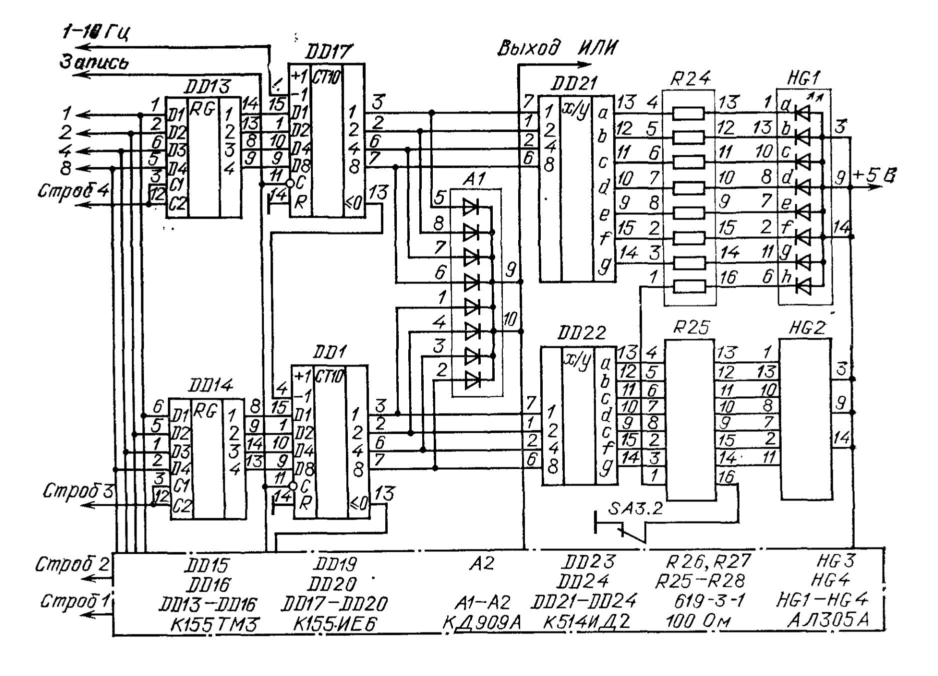


Рис. 131. Схема счетной части таймера

деление частоты сети блокировано сигналами с уровнем лог. 1, поступающей с выходов DD8.3 и DD8.1.

При нажатии на кнопку SB2 (Пуск) триггер DD8.2, DD8.4 переключается в противоположное состояние. Уровень лог. 1 с выхода DD8.2 устанавливает в состояние 0 счетчик DD10 и, поступая на входы ИС счетчика DD17, DD20 (см. рис. 131), блокирует перепись информации из регистра памяти в счетчик. Уровень лог. 0 с выхода DD8.3 (см. рис. 130) поступает на входы R DD5 и DD6 и разрешает деление частоты сети.

Импульсы с выходов DD5 и DD6 через инверторы DD4.3 и DD4.4 через переключатель SA3.1 поступают на вход вычитания микросхемы DD17 (см. рис. 131). Инверторы обеспечивают необходимую полярность импульсов счета.

Содержимое счетчика начинает уменьшаться. Процесс счета контролируется на индикаторах HG1—HG4. В момент, когда счетчик досчитает до 0, уровень лог. 0 с выхода элемента ИЛИ, собранного на двух диодных матрицах A1 и A2 и резисторе R17, через согласующий эмиттерный повторитель VT3 поступает на входы элементов DD7.4 и DD8.3 и устанавливает триггеры в противоположные состояния. Сигнал лог. 0 с выхода DD8.2 (см. рис. 130) производит перепись информации из регистра памяти DD13—DD16 в счетчик, благодаря чему процесс счета блокируется.

Сигнал лог. 1 с выхода DD7.4 поступает на вход 10 DD7.3 и разрешает генерацию звукового сигнала в генераторе DD7.1, DD7.2, DD7.3. Поскольку деление частоты сети разрешено сигналом лог. 0, поступающим на входы R DD5 и DD6, с выхода DD8.1 на вход 1 DD7.1 поступает меандр с частотой

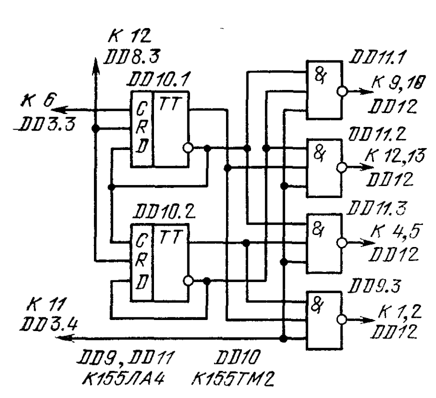


Рис. 132. Схема замены микросхем К155ИЕ5 и К155ИД4 на К155ТМ2 и К155ЛА4

1 Гц и звуковой сигнал прерывается с такой же частотой. Сигнал будет звучать до тех пор, пока не будет нажата одна из кнопок переключателя SB1 или кнопка Пуск. В первом случае переключится только триггер DD8.1, DD7.4, прекратится звучание сигнала и блокируется деление частоты. При последующем нажатии кнопки Пуск будет обеспечена необходимая фаза счетных импульсов.

Если же кнопка Пуск будет нажата при звучащем сигнале, фаза импульсов счета будет случайной и пуск возможен с ошибкой в сторону уменьшения выдержки, не превышающей значения дискрета (0,1 или 1 с).

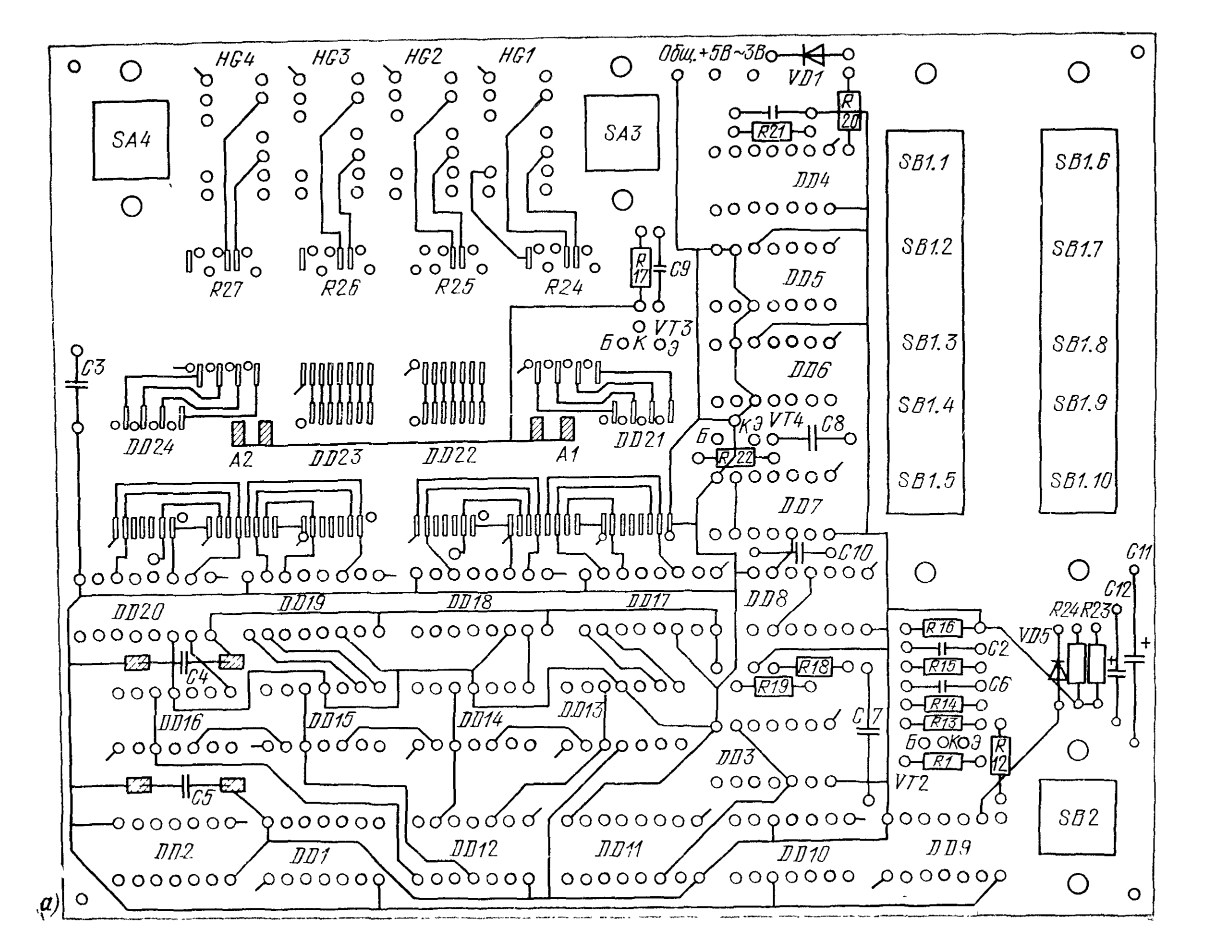
Цепь R14C6 исключает ложный пуск таймера в момент отпускания SB2 из-за дребезга контактов. Элементы R23, R24, C11, C12, VD5 обеспечивают исходное состояние триггеров и счетчика DD10 при включении таймера в сеть.

Электромагнитное исполнительное реле может быть подключено между выходом DD8.1 и цепью +5 В, если его рабочий ток не превышает 20 мА при напряжении +5 В (герконовое реле РЭС-55), или через эмиттерный повторитель на транзисторе КТ361 с любым индексом (РЭС-10 или РЭС-15 на рабочее напряжение 5 В).

Микросхемы К155ИЕ5 и К155ИД4 можно заменить на К155ТМ2 и К155ЛА4 (рис. 132), одновременно необходимо в качестве DD9 также установить К155ЛА4. В связи с тем, что полярность входных импульсов для К155ТМ2 другая, чем у К155ИЕ5, подключение входа DD10.1 и входов стробирования изменено, сигнал установки 0 снимается с другого плеча триггера (DD8.3 на рис. 130).

Если многократное повторение выдержки не требуется, из схемы таймера можно исключить регистр памяти DD13—DD16 (см. рис. 131), а также микросхему DD12 (см. рис. 130). В этом случае выходы 1, 2, 4, 8 шифратора подключают к соответствующим входам DD17—DD20, а выходы дешифратора — непосредственно ко входам DD17—DD20. Инверторы DD12 не требуются, так как полярность импульсов записи DD17—DD20 отрицательная и совпадает с полярностью выходных импульсов дешифратора DD11. В этом случае необходимо также между эмиттером VT3 и входами DD7.4 и DD8.3 включить дифференцирующую цепочку, аналогичную C1R4R5 на рис. 111. Емкость конденсатора этой цепочки следует увеличить до 0,047 мкФ.

В таймере исполнены резисторы МЛТ-0,125 и МЛТ-0,25, конденсаторы КМ-5а (C1—C6) и КМ-6 (C7—C8), переключателя П2К (для пятикнопочных без фиксации — SB1, однокнопочные без фиксации — SB2 и с фиксацией — SB3 и не показанный на схеме выключатель сети SA4). Головка HA1 — любая электромагнитная с сопротивлением 30 ... 100 Ом или динамическая 4 ... 8 Ом, включенная через выходной трансформатор от любого транзисторного приемника.



HG4
HG3
HG2
HG1
Общ. +5В ~3В
VD1
SA4
SA3
R20
R21
SB1.1
SB1.6
DD4
SB1.2
SB1.7
R27
R26
R25
R24
R17
C9
DD5
VT3
Б К Э
SB1.3
SB1.8
C3
DD6
SB1.4
SB1.9
К Э VT4
C8
Б
R22
DD24
A2
DD23
DD22
A1
DD21
SB1.5
SB1.10
DD7
C10
C11
DD20
DD19
DD18
DD17
DD8
C12
R24 R23
R16
C2
VD5
R18
C4
R15
C6
R19
R14
DD16
DD15
DD14
DD13
C7
R13
Б О О К О Э
R12
DD3
R1
C5
VT2
SB2
DD2
DD1
DD12
DD11
DD10
DD9
а)

б)

Рис. 133. Печатная плата таймера со стороны установки микросхем (*а*) и с противоположной стороны (*б*)

Семисегментные индикаторы АЛ305А можно заменить любыми другими с общим анодом, например АЛ304Г, АЛС324Б, или при замене микросхем К514ИД2 на К514ИД1 — индикаторами с общим катодом (АЛ304А, АЛ304Б), одновременно исключив резисторные блоки. Диодные матрицы КД909 можно заменить на КД903, КД908, КДС627.

При отсутствии переключателей П2К в качестве SB1 можно применить любые другие кнопки, однако их конструкция должна быть такой, чтобы при нажатии вначале размыкались нормально замкнутые, затем замыкались нормально разомкнутые контакты. Кнопки КМ-2 требуют специальной регулировки подгибанием пружины.

Все элементы таймера, в том числе и переключатели, установлены на двусторонней печатной плате, чертеж которой приведен на рис. 133. Настройки таймер не требует. При желании можно подобрать емкость конденсатора С8 для получения необходимой высоты тона сигнала. При применении в качестве SB1 кнопок другого типа может потребоваться подбор емкости С7. Блок питания таймера должен обеспечивать напряжение 5 В при токе до 0,8 А.

Если необходимо, таймер можно доработать так, чтобы набор времени осуществлялся в минутах и секундах. Схема такой доработки приведена на рис. 134. В положении SA2, указанном на рис. 134, таймер работает, как описано выше, — частота импульсов заполнения счетчика 10 Гц, цена младшего разряда 0,1 с, зажжена запятая перед индикатором HG1.

При переводе переключателя SA2 на рис. 134 в нижнее по схеме положение зажигается запятая перед индикатором HG2 (см. рис. 130), разделяющая минуты (индикаторы HG3 и HG4) и секунды (HG1, HG). Элемент DD25.4 разрешает прохождение инвертированных элементом DD9.3 и продифференцированных цепочкой C13R28R29 импульсов с выхода 13 DD18 на вход 11 той же ИС. В результате каждый раз в момент спада отрицательного импульса на выходе 13 DD18 на вход 11 DD18 поступает короткий отрицательный импульс, производящий запись кода, поступающего на входы 9, 10, 1, 15, DD18 с выходов элементов DD26.2, DD26.4, DD27.2, DD27.4. В нижнем по схеме положении переключателя SA2.2 и уровне лог. 1, поступающем с выхода 8 DD8, на входах указанных элементов код цифры 5, в результате чего DD18 переходит в сос-

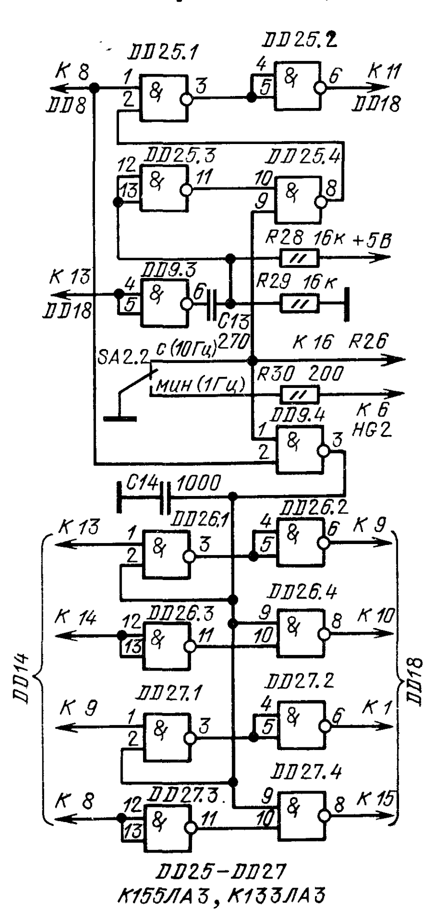


Рис. 134. Схема доработки таймера

тояние 5 и коэффициент ее пересчета равен шести. При записи исходного состояния импульс отрицательной полярности с выхода 8 DD8 подключает ко входам DD18 сигналы с выхода DD14 независимо от положения переключателя SA2.2.

Максимальная выдержка времени в доработанном таким образом таймере составляет 99 мин. 99 с., т. е. несколько больше 100 мин.

Микросхемы DD25—DD27 можно разместить на небольшой печатной плате, расположенной над свободным от элементов месте основной платы. Для уменьшения размеров дополнительной платы целесообразно при доработке использовать микросхемы серии К133 или К136.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ НА ЦИФРОВЫХ МИКРОСХЕМАХ

Универсальный цифровой частотомер

Описываемый прибор позволяет измерять частоту электрических колебаний до 180 МГц, период колебаний и длительность импульсов от 1 мкс до 10^7 с, может работать как счетчик импульсов. Точность измерений — $3 \cdot 10^{-6}$ от измеряемого значения ±1 знак младшего разряда. Минимальная цена младшего разряда составляет 0,1 Гц при измерении частоты и 0,1 мкс при измерении периода и длительности. Частотомер можно применять при градуировании приборов, использовать в качестве отсчетного устройства в генераторах и любительских передатчиках, при налаживании различных радиоэлектронных устройств. Чувствительность при измерении частоты — около 20 мВ на частотах до 20 МГц, около 100 мВ на частоте 180 МГц. Максимальное значение входного сигнала — 5 В.

Прибор собран в основном на микросхемах серии К155, в высокочастотном делителе использованы микросхемы серии К500. Основными узлами частотомера являются блок управления, схема которого приведена на рис. 135, счетчик и кварцевый генератор с делителем частоты (рис. 136) и блок питания.

Схема соединения блока управления (БУ) со счетчиком, кварцевым генератором и делителем частоты (КГ), высокочастотным делителем (СТ10) приведена на рис. 137.

Принцип действия частотомера основан на измерении числа импульсов, поступающих на вход счетчика в течение строго определенного времени (в данном приборе 10, 1, 0,1 или 0,01 с). Необходимый временной интервал формируется в блоке управления.

Кварцевый генератор частотомера собран на одном логическом элементе DD6.1 (см. рис. 136). Подбором емкости конденсаторов С14 и С15 устанавливают номинальную частоту генерации 10 МГц. Эта частота делится цепочкой микросхем DD7—DD14 до 0,1 Гц. Элементы DD6.3 и DD6.4 буферные. Использование в последних разрядах делителя микросхем К155ИЕ2, устанавливаемых в 9, позволяет до 0,1 с сокращать промежуток времени между окончанием импульса Установка 0 и началом эталонного интервала на низкочастотных диапазонах частотомера.

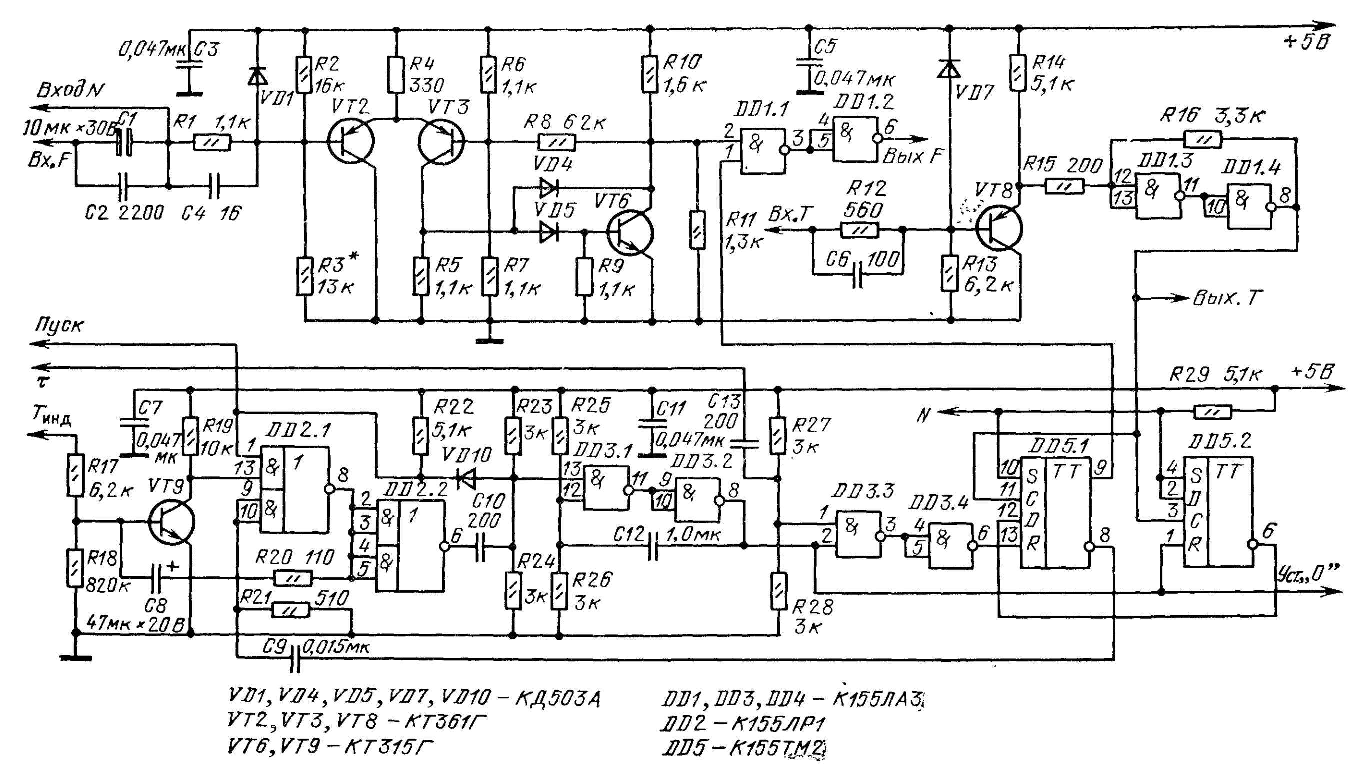


Рис. 135. Блок управления частотомера

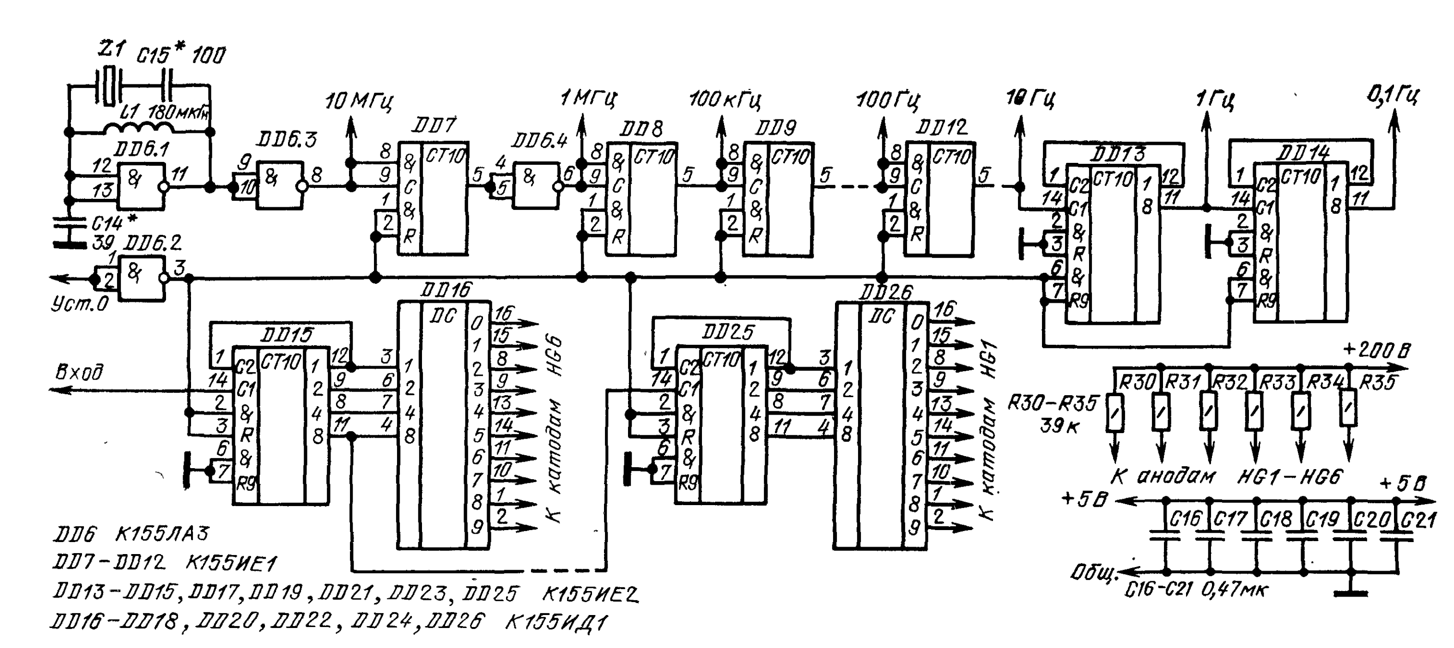


Рис. 136. Счетчик и кварцевый генератор частотомера

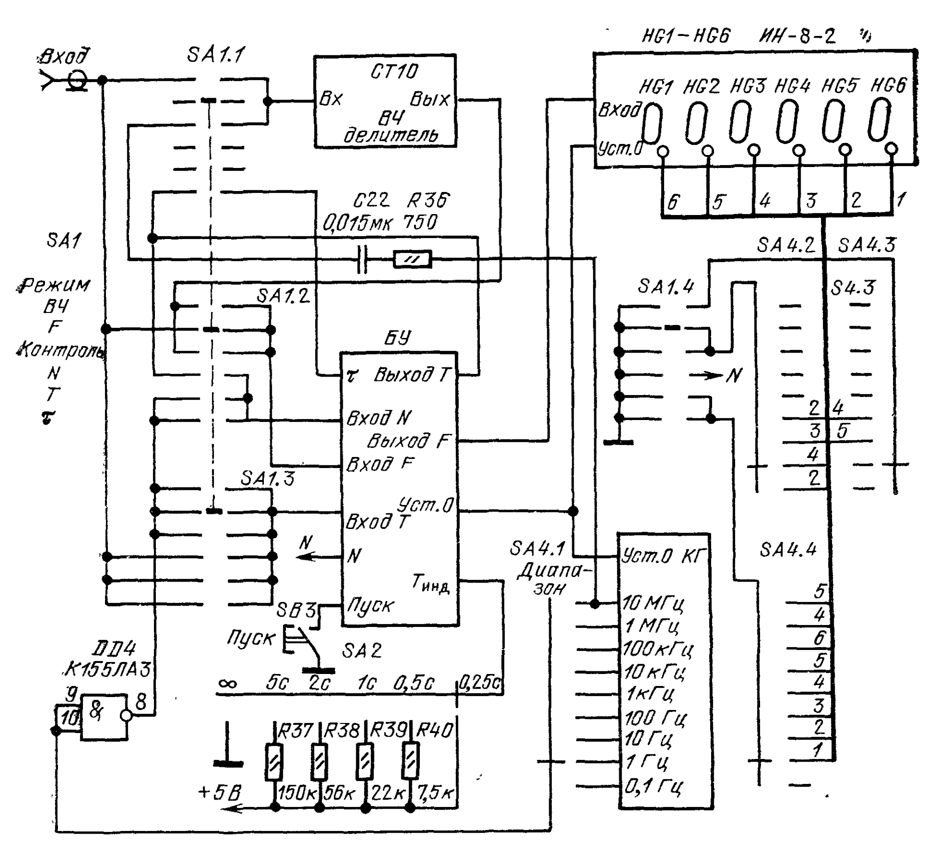


Рис. 137. Схема соединения блоков частотомера

В режиме измерения частоты эталонная частота, выбранная переключателем SA4.1 Диапазон (см. рис. 137), через инвертор DD4 и переключатель SA1.3 «Режим» поступает на вход T блока управления (см. рис. 135).

На вход F блока управления со входа частотомера поступает сигнал, частоту которого необходимо измерить. Он усиливается и ограничивается дифференциальным каскадом на транзисторах VT2 и VT3 (см. рис. 135) и поступает на инвертор на транзисторе VT6. Диоды VD4 и VD5 исключают насыщение транзистора VT6, что обеспечивает верхнюю частоту формирователя около 40 МГц. Положительная обратная связь через резистор R8 обеспечивает триггерный режим работы. Выходной сигнал формирователя через клапан на элементах DD1.1 и DD1.2 поступает на вход счетчика. Второй вход клапана подключен к выходу формирователя эталонного интервала времени, состоящего из двух триггеров микросхемы DD5.

Принцип действия формирователя интервала удобно рассматривать с момента генерации импульса установки 0 мультивибратором, собранным на элементах DD3.1 и DD3.2. В момент генерации импульса (он может быть вызван, например, кратковременным замыканием кнопки Пуск) (см. рис. 137) тригге-

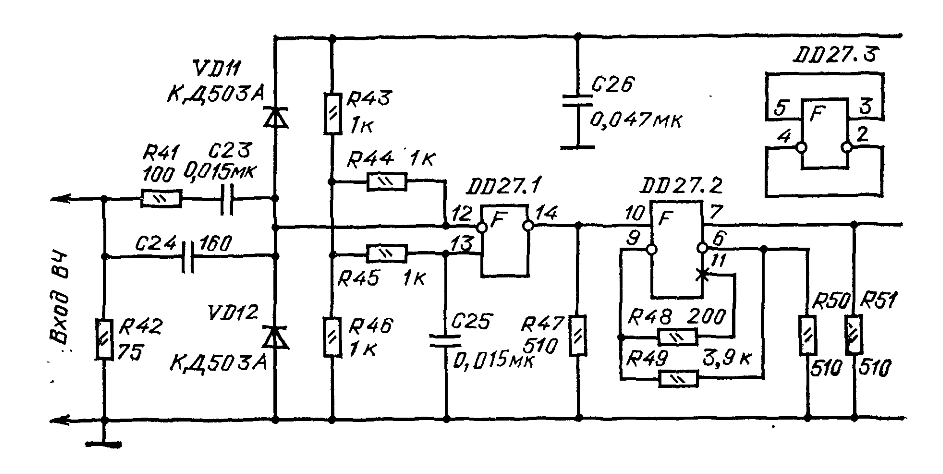
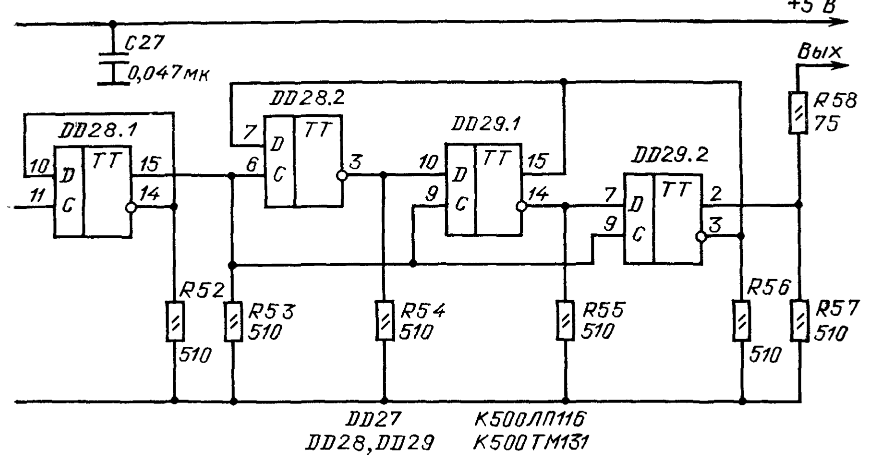


Рис. 138. Схема высокочастотного делителя

ры DD5 и все декады счетчика и делителя, за исключением DD13 и DD14, устанавливаются в 0. На входе 1 DD1.1 уровень лог. 0, и импульсы измеряемой частоты на вход счетчика не проходят.

По окончании импульса установки 0 на выходах делителя кварцевого генератора появляются импульсы соответствующей частоты. Фронт первого импульса эталонной частоты, пройдя со входа Т БУ через формирователь на транзисторе VT8 (см. рис. 135) и триггере Шмитта DD1.3 и DD1.4 на входы С триггеров микросхемы DD5, устанавливают их в состояние 1, так как на вход D триггера DD5.1 поступает уровень лог. 1 с инверсного выхода DD5.2, а на вход DD5.2 — с резистора R29. На вход 1 DD1.1 проходит лог. 1, и на счетчик начинают поступать импульсы измеряемой частоты. На вход D триггера DD5.1 с инверсного выхода DD5.2 поступает уровень лог. 0, поэтому фронт второго импульса эталонной частоты устанавливает DD5.1 в 0 и на вход счетчика импульсы перестают поступать. Фронт импульса с инверсного выхода триггера DD5.1, формируемый в момент прихода второго импульса эталонной частоты после дифференцирования цепочкой C9R21, поступает в виде импульса положительной полярности на вход элемента DD2.1. Этот элемент совместно с транзистором VT9 образует ждущий мультивибратор, определяющий время индикации измеряемой частоты. При поступлении импульса запуска на входы 9 и 10 DD2.1 этот элемент включается, спад с его выхода через конденсатор C8 поступает на базу транзистора VT9 и закрывает его. Конденсатор C8 перезаряжается через резистор R17 и один из резисторов R37—R40, выбранный переключателем SA2 «Время» индикации. В момент, когда напряжение на левой обкладке конденсатора C8 достигает порога отпирания VT9, последний включается, элемент DD2.1 выключается, его выходной сигнал после инвертирования элементом DD2.2 и дифференцирования цепочкой C10R23R24 запускает ждущий мультивибратор DD3.1, DD3.2, и процесс измерения повторяется.

Если переключатель SA2 находится в положении ∞, транзистор VT9 не



включается, поэтому для каждого измерения необходимо нажать кнопку «Пуск» (см. рис. 137), а время индикации ограничено лишь временем включения прибора.

В зависимости от положения переключателя SA4 зажигается одна из десятичных точек индикаторов счетчика (управляются секцией SA4.2). В самом нижнем по схеме положении SA4 (частота эталонных импульсов 0,1 Гц, время счета 10 с) зажигается вторая справа точка, индицируется частота в герцах с точностью до 0,1 Гц. В трех других положениях SA4, используемых для измерения частоты, положение десятичной точки соответствует измерению в килогерцах (точность 0,001, 0,01, 0,1 кГц).

Предельная частота работы счетчика на интегральных микросхемах К155ИЕ2 — около 20 МГц, поэтому для измерения более высоких частот использован высокочастотный делитель СТ10 на микросхемах серии К500.

Схема делителя приведена на рис. 138. Входной сигнал через резистор R41 и конденсатор С23 подается на один из входов дифференциального усилителя-ограничителя DD27.1. Второй вход усилителя-ограничителя соединен с общим проводом через конденсатор С25. С резистора R47, являющегося нагрузкой усилителя, выходной сигнал подается на триггер Шмитта, собранный на элементе DD27.2 и резисторах R48—R51.

Усилитель и триггер Шмитта обеспечивают формирование прямоугольных импульсов из входного сигнала на частотах до 180 МГц.

Выходной сигнал формирователя подается на триггер DD28.1, делящий частоту на два. Его выходной сигнал управляет делителем частоты на пять, собранным на D-триггерах DD28.2, DD29.1, DD29.2. Делитель построен по принципу сдвигающего регистра с перекрестными связями. Для уменьшения коэффициента пересчета с шести до пяти прямой выход триггера DD29.1 и инверсный DD29.2 объединены и образуют «проводной элемент ИЛИ». Объединение выходов элементов серии К500 для образования функции ИЛИ возможно потому, что выходами элементов являются ненагруженные эмиттерные пов-

торители. В силу этой же их особенности каждый используемый выход должен быть нагружен на резистор.

Для защиты входного каскада от перегрузок в схему формирователя введен ограничитель R41, VD11, VD12. В связи с тем, что у используемых дифференциальных каскадов ИС К500ЛП116 входы не должны оставляться свободными, входы элемента DD27.3 соединены с его выходами.

В положении ВЧ переключателя SA1 (см. рис. 137) сигнал со входа частотомера поступает на вход высокочастотного делителя, а с его выхода — на вход F формирователя. Положение запятой в этом режиме определяется секцией SA4.3 переключателя «Диапазон», частота индицируется в мегагерцах.

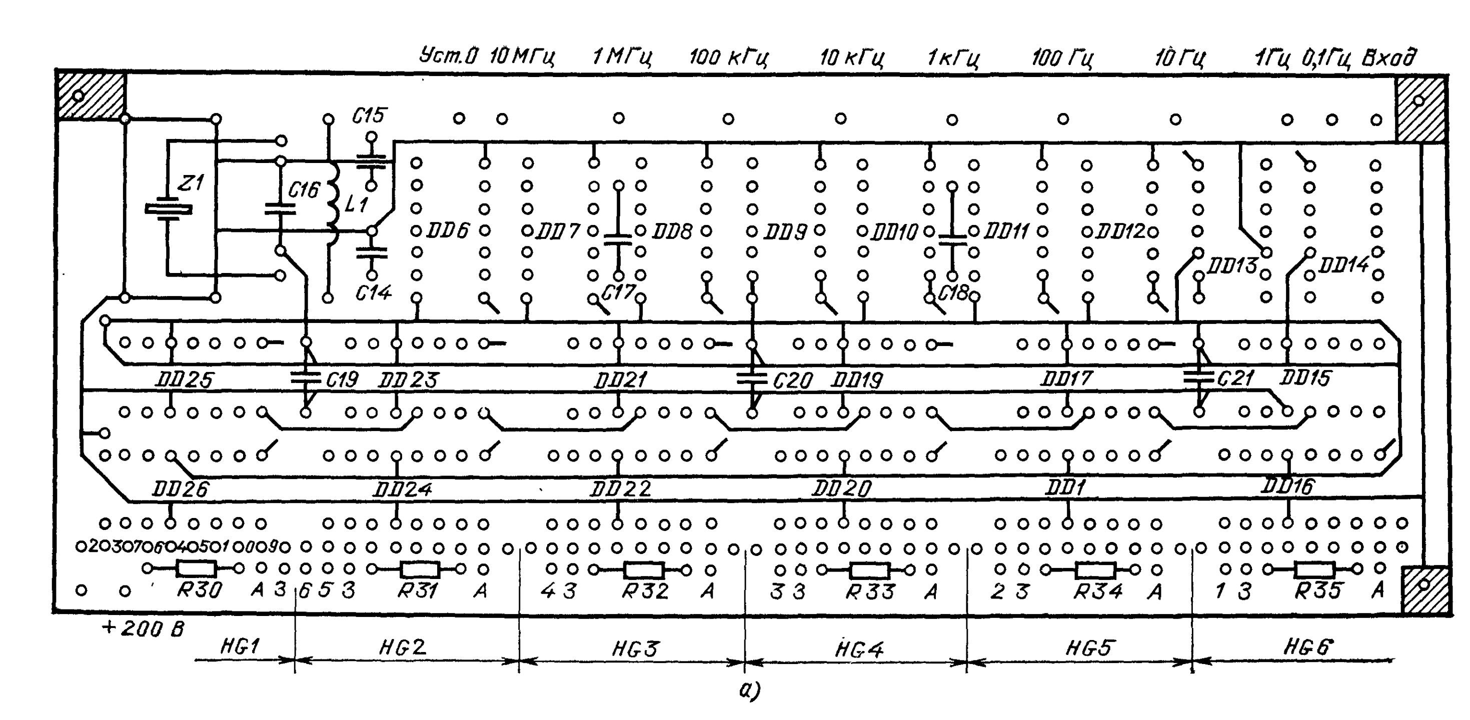
В положении К (контроль) переключателя SA1 вход высокочастотного делителя через цепь C22R36 подключается к выходу 10 МГц кварцевого генератора. Положение запятой определяется секцией SA4.3, поэтому на индикаторах индицируется частота 1000 кГц.

В положении Т (период) измеряемая и эталонная частоты меняются местами — эталонная частота в пределах 10 МГц ... 0,1 Гц поступает на вход N блока управления и далее на счетчик, а сигнал, период которого нужно измерить, — через формирователь VT8, DD1.3, DD1.4 (см. рис. 135) на вход формирователя интервала DD5.1, DD5.2. Формирователь VT8, DD1.3, DD1.4 имеет открытый вход, что позволяет измерять длительность импульсов большой длительности. Порог его включения около 0,75 В, выключения около 0,7 В, поэтому частотомер можно непосредственно применять для измерения периода и длительности импульсов на выходах ИС ТТЛ.

В положении τ (см. рис. 137) (Длительность) фронт импульса, как и при измерении периода, устанавливает DD5.1 (см. рис. 135) в 1, а спад импульса после дифференцирования цепочкой C13R27R28 переводит этот триггер в 0, в результате чего время прохождения эталонной частоты через клапан DD1.1, DD1.2 соответствует длительности измеряемых импульсов.

В положении N (см. рис. 137) (счетчик импульсов) входной сигнал поступает на вход Т БУ, с выхода Т он поступает на вход N — на открытый вход формирователя VT2, VT3, VT6 (см. рис. 135), что позволяет считать положительные импульсы практически любой длительности (начиная приблизительно от 100 нс) по их фронтам. Прохождение импульсов через клапан DD1.1, DD1.2 обеспечивается установкой триггеров микросхемы DD5 в 1 переключателем SA1.4 (см. рис. 137).

Конструктивно частотомер собран на трех печатных платах толщиной 1,5 мм. На первой плате размером 60×155 мм расположены все детали кварцевого генератора, делителя и счетчика, включая газоразрядные индикаторы. Расположение проводников печатной платы приведено на рис. 139 (*а* — сторона установки микросхемы, индикаторов и других деталей, *б* — противоположная сторона). На второй плате размером 80×155 мм (рис. 140) установлены все детали блока управления (см. рис. 135), высокочастотный делитель (см. рис. 138) и стабилизатор напряжения, схема которого приведена на рис. 141. Плата изготовлена из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита, на рис. 140 показаны проводники, расположенные со стороны, противоположной установке элементов. Со стороны установки элементов фольга сохранена целиком и выполняет роль общего провода, вокруг отверстий фольга раззенкована. На рис. 140 крестиками обозначены места паек элементов к фольге на стороне их установки. Некоторые резисторы подпаяны к общему


Уст.0 10 МГц
1 МГц
100 кГц
10 кГц
1 кГц
100 Гц
10 Гц
1Гц 0,1Гц Вход
C15
Z1
C16
L1
C14
DD6
DD7
DD8
DD9
DD10
DD11
DD12
DD13
DD14
C17
C18
DD25
C19
DD23
DD21
C20
DD19
DD17
C21
DD15
DD26
DD24
DD22
DD20
DD1
DD16
02030706040501000090
R30
A 3
6 5 3
R31
A
4 3
R32
A
3 3
R33
A
2 3
R34
A
1 3
R35
A
+200 В
HG1
HG2
HG3
HG4
HG5
HG6

а)

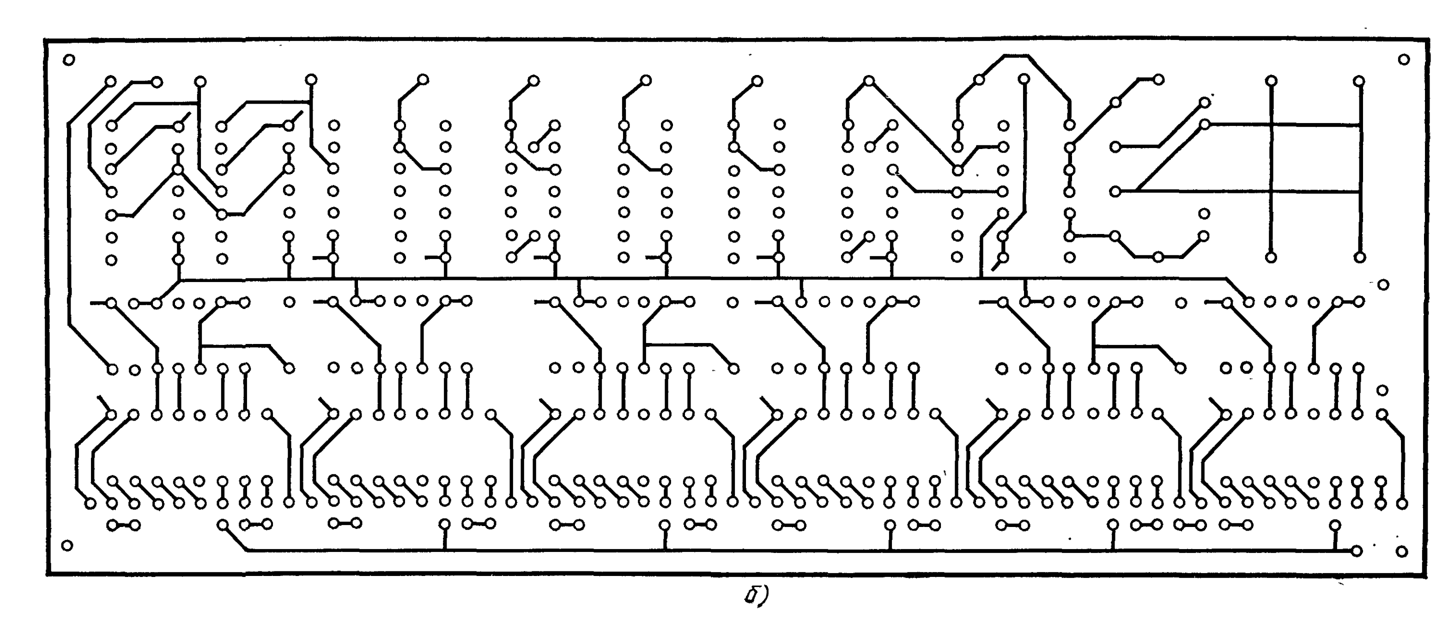


Рис. 139. Печатная плата счетчика и кварцевого генератора

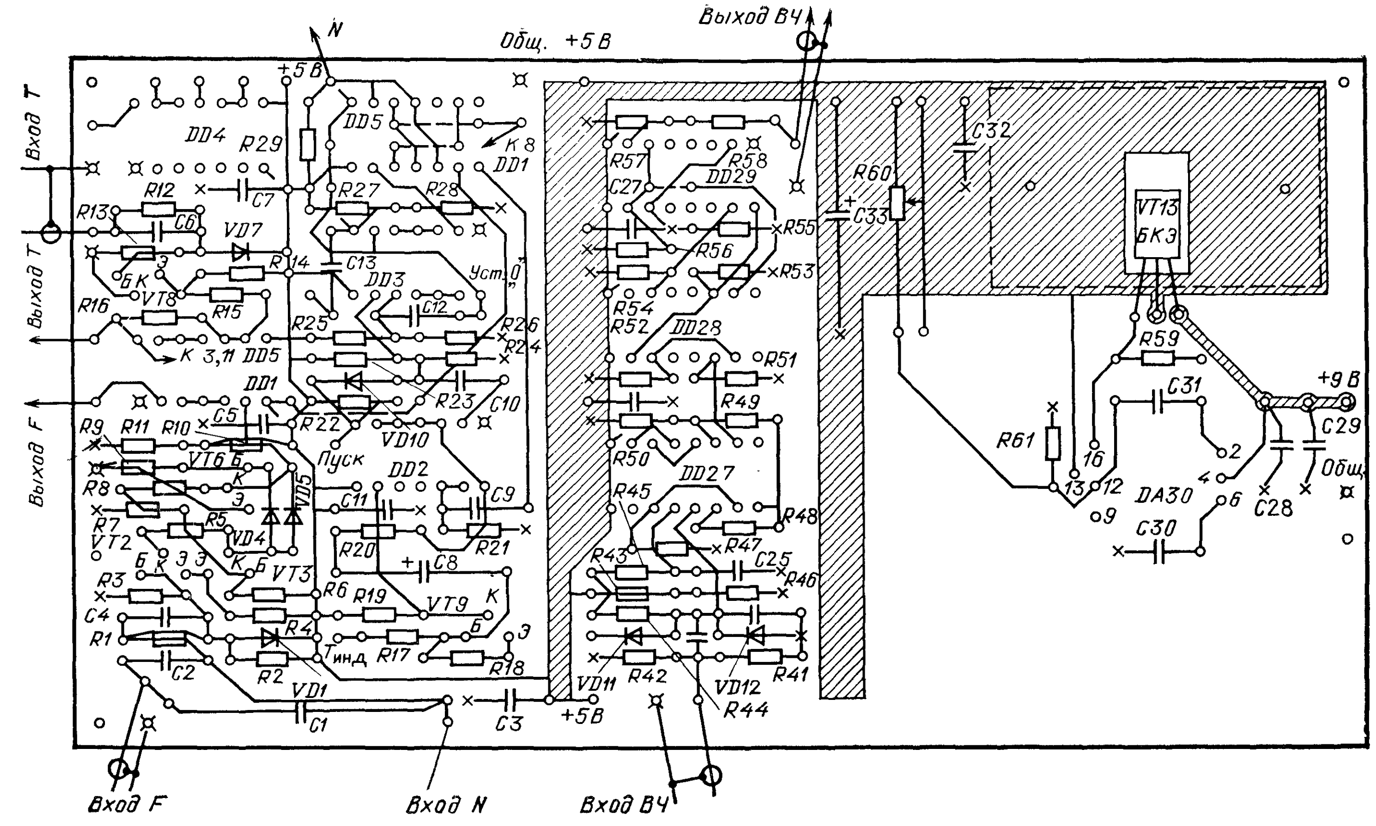


Рис. 140. Печатная плата блока управления, высокочастотного делителя и стабилизатора

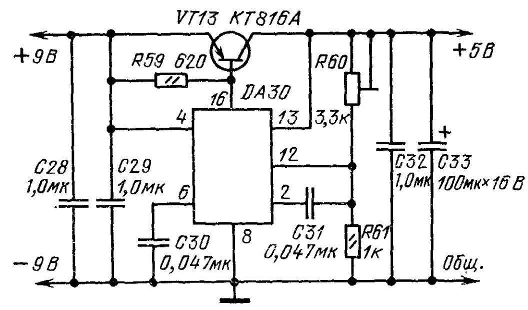


Рис. 141. Схема стабилизатора частотомера

проводу и проводникам на обратной стороне (R7, R9, R13, R18), отверстия в этом случае не зенкуются. Это необходимо для соединения с общим проводом электродов транзисторов VT2, VT6, VT8, VT9, паять их непосредственно к фольге неудобно из-за малой длины их выводов и опасности перегрева.

Транзистор VT13 блока питания (см. рис. 141) установлен на ребристом алюминиевом радиаторе с размерами 25×40 в плане и высотой 30 мм. Радиатор установлен со стороны, противоположной стороне установки других элементов платы.

Микросхема DD27 высокочастотного делителя вместе со всеми элементами, расположенными между ней и входными контактами делителя, закрыта экраном из латуни толщиной 0,1 мм, припаянным непосредственно к фольге общего провода.

На третьей плате такого же размера, что и вторая, смонтированы все элементы преобразователя напряжения сети 220 В в постоянное 9 В 0,7 А, поступающее на стабилизатор, и 200 В 10 мА для питания индикаторов HG1—HG6. Преобразователь описан в предпоследнем разделе книги.

На передней панели частотомера из сплава Д16 размером 90×156 мм и толщиной 2 мм установлены сетевой выключатель, предохранитель, переключатели SA1, SA2, SA4, кнопка SB3, входной разъем. Элементы R36—R40, C22 установлены на контактах переключателей. Окно в панели закрыто изнутри пластиной цветного прозрачного органического стекла толщиной 3 мм. Передняя панель, печатные платы, задняя панель размером 82×156×2 мм из сплава Д16 соединены между собой латунными шпильками диаметром 5 мм, имеющими резьбовые концы или отверстия М2. Расстояние между передней панелью и первой платой 33 мм, между первой и второй платой 15 мм, между второй и третьей платой 33 мм, между третьей платой и задней панелью 5 мм. Полученная «этажерка» уложена на П-образное шасси и закрыта сверху П-образным кожухом. Шасси и верхняя сторона кожуха имеют отверстия для вентиляции. В шасси охлаждающий воздух входит в зазор высотой 8 мм между нижней частью задней панели и поверхностью, на которой стоит частотомер.

Близкое расположение входного разъема, переключателя SA1 и входных контактов высокочастотного делителя позволило обойтись в монтаже частотомера без кабелей и экранированных проводников. С этой же целью обеспечены малые сопротивление и индуктивность общего провода — соединение передней панели со слоем сплошной металлизации второй печатной платы через шпильки, соединение «земляного» лепестка входного разъема со слоем сплошной металлизации второй платы в районе входа высокочастотного делителя отрезком оплетки экранированного провода («плетенкой») минимальной длины. На случай возникновения высокочастотных наводок и монтажа с ис-

пользованием кабелей у входов и выходов формирователей и высокочастотного делителя предусмотрены точки для подключения экранов.

В частотомере применены следующие детали: резисторы МТ-0,125 и МТ-0,25, конденсаторы КМ-5а и КМ-6, К53-4 (C8), неполярный К53-7 (C1), переключатели ПГ2-4-6П4Н (SA1) — можно заменить на ПГ2-11-6П6Н, ПГ2-9-6П2Н (SA2), ПГ2-8-12П4Н (SA4), кнопка КМ-1 (SB3), разъем СР-73Ф, дроссель ДМ-0,1 (L1).

Коммутационные элементы, конденсаторы и резисторы можно заменить деталями других типов, имеющими необходимые параметры, транзистор КТ816А— любым транзистором этой серии или серии КТ814, остальные транзисторы — высокочастотными кремниевыми транзисторами соответствующей структуры (КТ312, КТ306 — VT6, VT9, КТ326, КТ3107 — VT2, VT3, VT8). Вместо диодов КД503А можно установить КД503Б, КД509А, КД522А, КД522Б, КД512А и другие кремниевые высокочастотные диоды.

Микросхемы К155ИЕ1 можно заменить на К155ИЕ2, все микросхемы К500 — на К100. При переработке для этого случая печатной платы высокочастотного делителя следует сохранить сплошной слой металлизации на стороне установки интегральных микросхем и ширину шины питания не менее 7,5 мм.

Настройка частотомера заключается в установке резистором R60 (см. рис. 141) напряжения на выходе стабилизатора в пределах 5,1 ... 5,2 В, подборе сопротивления резистора R3 (см. рис. 135) для получения максимальной чувствительности формирователя на частоте 20 МГц и установке номинальной частоты кварцевого генератора подбором C14 и C15 (см. рис. 136). Если даже при замене C15 перемычкой частоту генератора не удается снизить до необходимой, можно на место C15 установить дроссель с индуктивностью 5 ... 20 мкГн.

При отсутствии микросхем серии К500 или К100 можно обеспечить возможность измерения частоты до 35 ... 40 МГц установкой в частотомер одной микросхемы К131ТМ2 (К130ТМ2, К531ТМ2, К530ТМ2). Один из триггеров этой микросхемы включается в положении ВЧ SA1 между выходом клапана DD1.1 и входом счетчика, другой — между выходом DD4 и входом Т БУ (рис. 142). В этом случае переключатель SA1 необходимо заменить на ПГ2-12-6П8Н. Вместо ИС К131ТМ2 можно использовать К131ТВ1 или К130ТВ1 (DD31.1) и К155ТВ1 (DD31.2). Входы C этих триггеров необходимо соединить с выходом DD1.2 и с подвижным контактом SA4.1 соответственно. Все неиспользуемые входы триггеров соединить с источником +5 В через резистор R62.

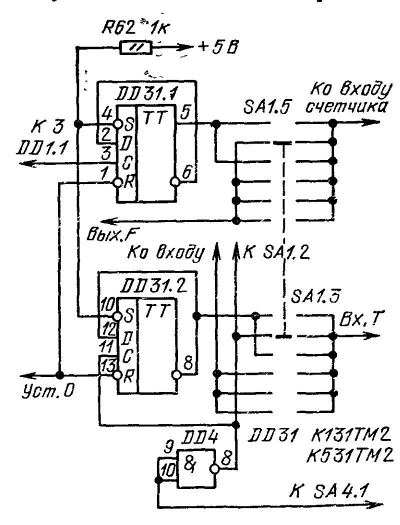


Рис. 142. Схема включения микросхемы К131ТМ2

Увеличения быстродействия до 70 ... ... 80 МГц можно достигнуть, используя вместо DD31.1 два последовательно включенных триггера серии К530 или К531, а вместо DD31.2 — два триггера серии К155.

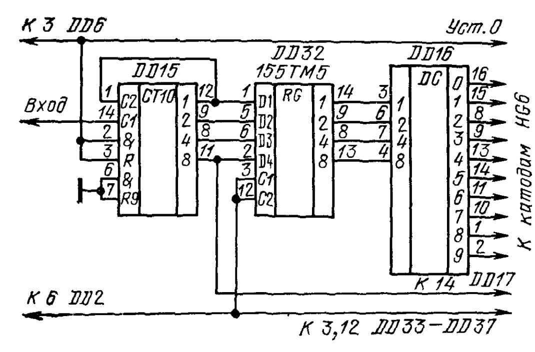


Рис. 143. Схема включения регистра памяти

В этом случае, возможно, потребуется применение более высокочастотных транзисторов в формирователе (см. рис. 135) — КТ363 в качестве VT2, VT3, КТ316, КТ325, КТ355 на месте VT6.

Исключить мерцание цифр в процессе счета можно введением между счетчиком и дешифратором регистра памяти на ИС К155ТМ5 или К155ТМ7. Импульс переписи на тактовые входы микросхем можно снять с выхода 6 DD2 (рис. 143). В этом случае переключатель SA2 целесообразно заменить тумблером, в одном положении которого (Авт.) вход $Т_{инд}$ БУ подключается к источнику +5 В через резистор 7,5 кОм, в другом — заземляется («Ручной пуск»).

Частотомер для измерения частоты сети

В некоторых производствах для проведения технологических процессов важно точно знать частоту питающей сети. Использованный в описанном выше частотомере принцип для точного и быстрого измерения частоты сети непригоден, так как на измерение с точностью до трех знаков требуется 10 с с точностью до четырех знаков — 100 с.

Можно измерять период колебаний, но перевод из периода в частоту довольно сложен, так как требует проведения операции деления.

Учитывая, что в нормальных условиях частота сети отличается от номинальной не более чем на 0,5%, операцию деления можно заменить на операцию вычитания. В этом случае при частоте сети, равной номинальной, показания прибора точно соответствуют измеряемой частоте, а при отклонении от номинала возникает ошибка, которую при необходимости легко учесть.

Схема частотомера, в котором измерение частоты производится путем измерения периода, а деление заменено на вычитание, приведена на рис. 144.

Измеряемая частота 50 Гц с силового трансформатора поступает на формирователь импульсов на транзисторе VT1 и логическом элементе DD1.1. Диод VD1 устанавливает порог срабатывания формирователя близким к нулю, что повышает стабильность показаний при скачкообразных изменениях напряжения сети в момент измерения. Диод VD2 ограничивает прохождение отрицательной полуволны входного напряжения через резистор R3 на выход формирователя.

Прямоугольные импульсы измеряемой частоты поступают на вход C1 микросхемы DD4, делящей частоту входного сигнала на 10. В течение первых восьми тактов измеряемой частоты сигнал с выхода 8 (вывод 11) DD4, проинвертированный элементом DD2.2, разрешает прохождение на вход счетчика, собранного на микросхемах DD6—DD9, стабильной частоты 31,25 кГц (рис. 145). Эта частота получается в результате деления частоты кварцевого генератора 500 кГц на 16 в микросхеме DD5. Девятый тактовый импульс, дешифрированный элементом DD3.1, производит запись результата счета из счетчика

DD6—DD9 в регистр памяти на статических триггерах DD10—DD13. Выходной сигнал с регистра памяти поступает на дешифраторы DD14—DD17 и с них — на индикаторные лампы HG1—HG4.

Десятый импульс, дешифрированный DD3.3, производит сброс показаний счетчика.

Для получения режима вычитания сброс счетчика производится в состояние 9999, для чего использованы соответствующие входы микросхем К155ИЕ2. Счетные импульсы, поступающие на вход счетчика, последовательно переводят его из этого состояния в состояния 0000, 0001, 0002 и т. д. Катоды индикаторов подключены к выходам дешифраторов в порядке, противоположном обычному, — к выходу 0 подключен катод 9, к выходу 1 — катод 8 и т. д. В результате состоянию счетчика 9999 соответствует индикация 0000, состоянию 0000—9999, 0001—9998 и т. д.

При частоте сети точно 50 Гц период одного колебания составит 20 мс, период восьми колебаний — 160 мс. За 160 мс на вход счетчика поступит $31{,}25\times160=5000$ импульсов, счетчик установится в состояние 4999, а на индикаторных лампах загорнтся число 50,00 Гц.

Если частота сети уменьшится, например, до 49,95 Гц, период колебаний станет равным 20,02 мс и за восемь периодов на вход счетчика поступит 5005 импульсов. В результате счетчик установится в состояние 5004, а на индикаторных лампах появится число 49,95 Гц.

При больших отклонениях измеряемой частоты от 50 Гц возникает ошибка, всегда в сторону уменьшения показаний относительно истинной величины.

Точно измеряемую частоту F можно определить по результату измерения $F_и$ и по формуле

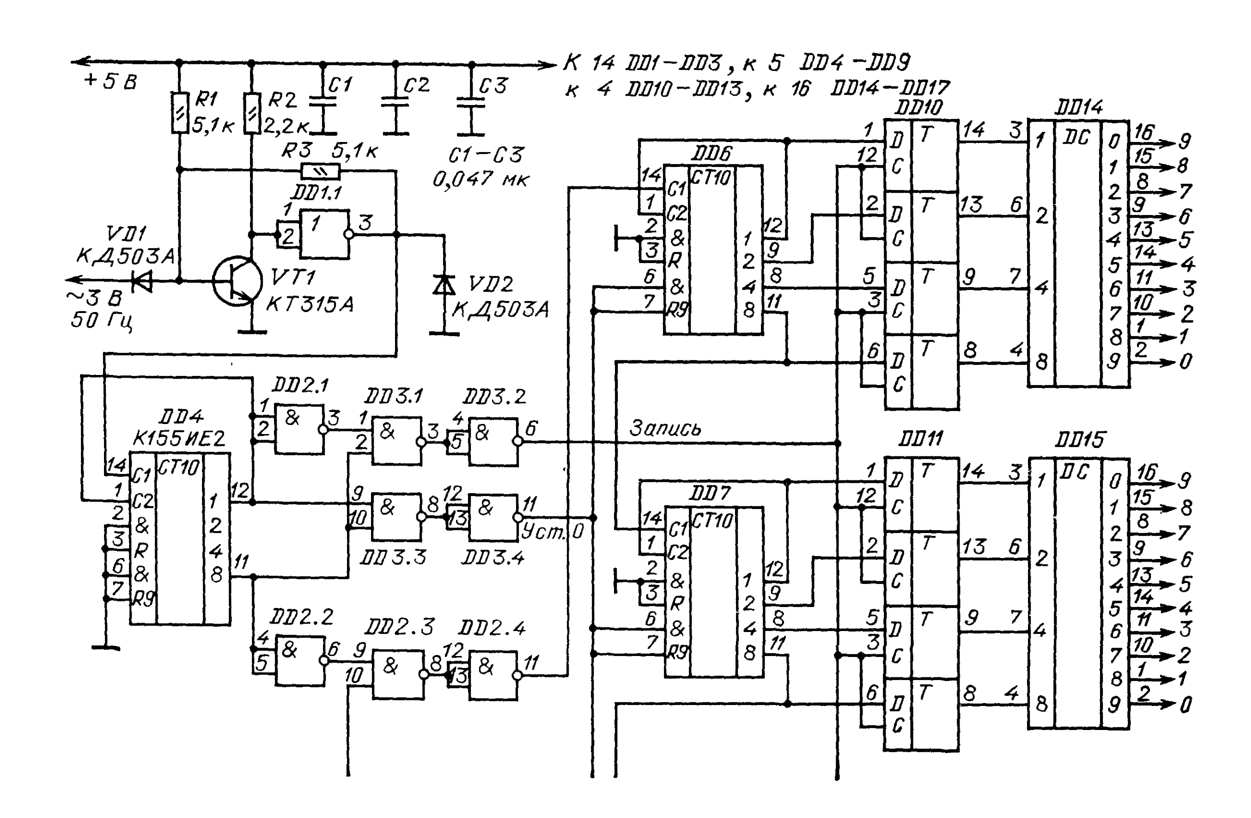
$$F=2500/(100-F_и).$$

Практически при отклонении частоты относительно номинала менее чем на 0,5 Гц ошибка измерения менее одного последнего знака, и ее можно не учитывать. Если частота отклоняется на 0,7 Гц, показания частотомера следует увеличить на 1 знак (0,01 Гц), если на 1 Гц — на 2 знака (0,02 Гц), и вообще, при отклоненни частоты на ΔF Гц показания следует увеличить на $0{,}02\,(\Delta F)^2$ Гц. Этим соотношением следует пользоваться при отклонении частоты от номинала не более чем на 3 Гц, при больших отклонениях использование описываемого частотомера нецелесообразно.

Таким образом, частотомер позволяет проводить измерения частоты сети 50 Гц ±6% с погрешностью, не превышающей 0,01 Гц. Периодичность измерений — 5 раз/с.

Периодичность измерений можно увеличить, уменьшив число тактов, в течение которых происходит счет, и соответственно увеличив частоту импульсов заполнения, однако это может привести к появлению дополнительной погрешности измерений, особенно в случае наличия помех в сети.

Частоту кварцевого генератора можно также уменьшить, соответственно уменьшив число используемых в микросхеме DD5 триггеров. Однако уменьшение частоты генератора менее 250 кГц нежелательно, так как приводит к появлению ошибки, связанной с произвольным соотношением фаз частоты сети и кварцевого генератора. В данном случае эта ошибка сведена к минимуму за счет установки триггеров микросхемы DD5 в нуль перед началом счета.


К 14 DD1–DD3, к 5 DD4–DD9
к 4 DD10–DD13, к 16 DD14–DD17
+5 В
R1
5,1 к
R2
2,2 к
C1
C2
C3
C1–C3
0,047 мк
R3 5,1 к
DD1.1
VD1
КД503А
~3 В
50 Гц
VT1
КТ315А
VD2
КД503А
DD4
К155ИЕ2
CT10
DD2.1
DD3.1
DD3.2
DD3.3
DD3.4
DD2.2
DD2.3
DD2.4
Запись
Уст. 0
DD6
DD7
DD10
DD11
DD14
DD15
DC

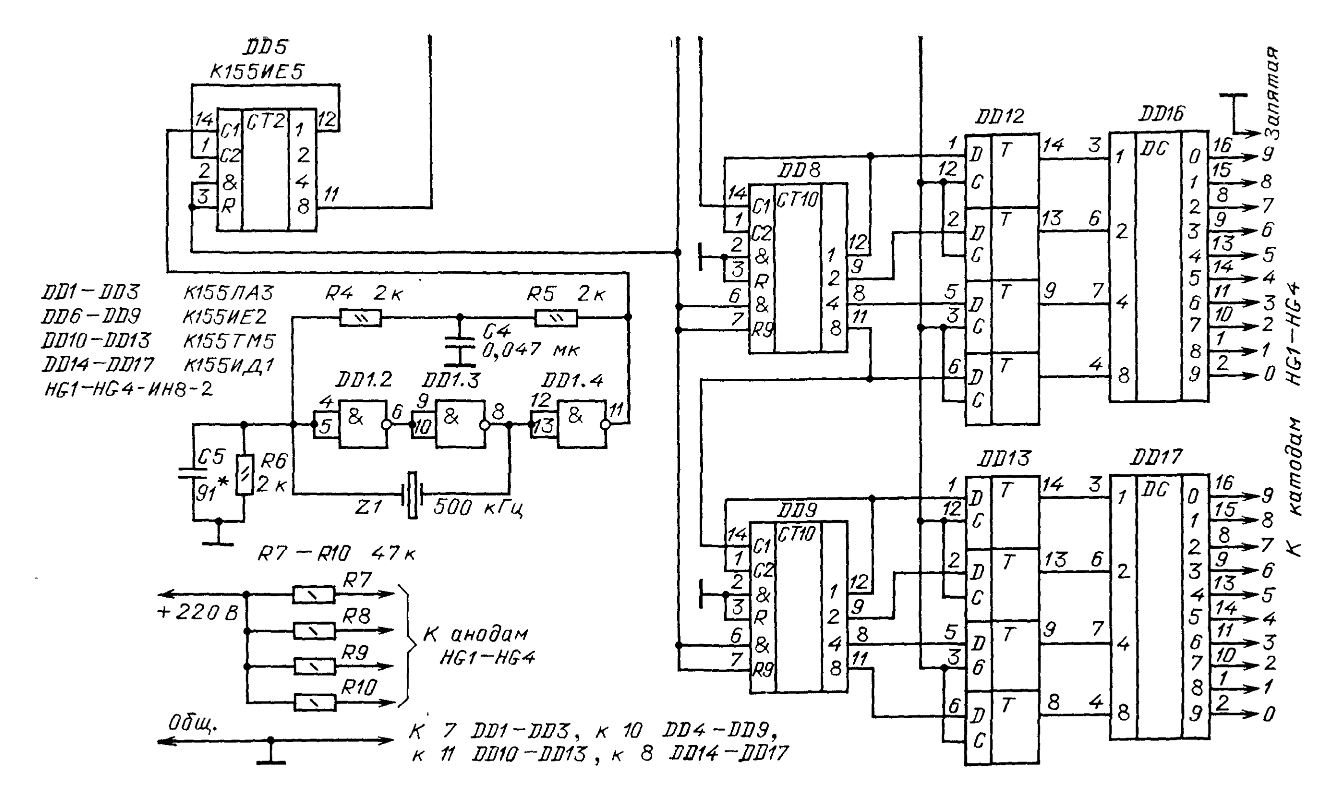


Рис. 144. Схема частотомера для измерения частоты сети

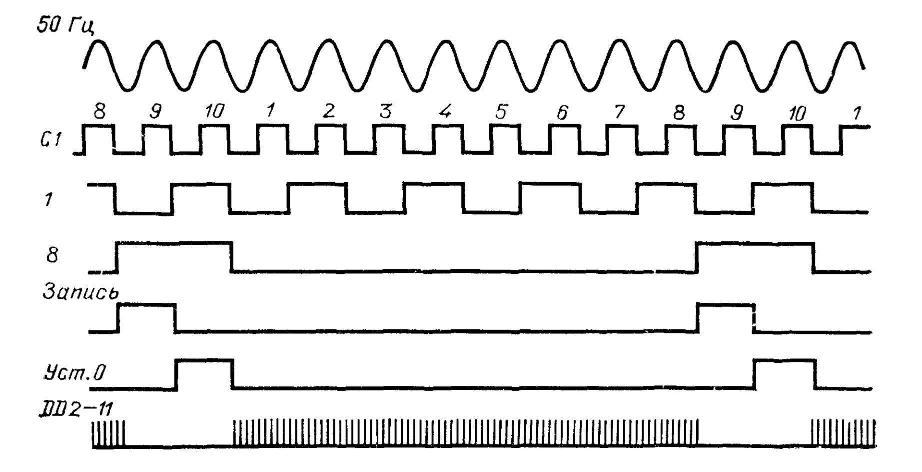


Рис. 145. Временна́я диаграмма работы частотомера

В качестве VT1 можно использовать любой маломощный кремниевый высокочастотный транзистор, в качестве диодов VD1 и VD2 — любые кремниевые маломощные диоды. Микросхемы серии К155 можно заменить на аналогичные микросхемы серии К133 или К555.

Частотомер, собранный без ошибок из исправных деталей, налаживания не требует. Конденсатор С5 устанавливается лишь при самовозбуждении генератора на конструктивной емкости кварца.

Если частотомер не работает, следует проверить работу формирователя, кварцевого генератора, наличие на соответствующих выходах микросхем импульсов в соответствии с рис. 145. Работу счетчика можно проверить, подавая на вход С1 DD6 импульсы с частотой 1—10—100—1000 Гц от генератора импульсов. Для наблюдения за состояниями микросхем счетчика выходной регистр следует перевести в режим повторителя, отключив шину «запись» от выхода DD3.2 и подключив ее к плюсу питания через резистор 1 кОм. Вход сброса счетчика следует отключить от выхода DD3.4 и заземлить. При отключении от общего провода входа сброса на индикаторах должны загореться нули. При заземлении входа сброса и подаче счетных импульсов показания должны изменяться, как это было указано выше, т. е. 0000, 9999, 9998 и т. д.

Цифровая шкала с люминесцентным индикатором

Описываемое устройство может использоваться с трансивером или радиоприемником, частота которого определяется частотами одного, двух или трех генераторов.

Принцип работы шкалы в трансивере с тремя генераторами состоит в поочередном счете импульсов с частотой диапазонного F1, плавного F2 и опорного F3 генераторов в реверсивном счетчике за строго определенные периоды времени.

Рассмотрим в качестве примера широко распространенный вариант выбора частот гетеродинов, использованный в трансивере UW3DI: частота F1 в зависимости от диапазона лежит в пределах 8 ... 23 МГц, частота F2 изменяется

в диапазоне 5,5 ... 6 МГц, частота F3 составляет 500 кГц. При этом выходная частота составляет F=F1+F2+F3 для диапазонов 28, 21 и 14 МГц и F=F1—F2—F3 для диапазонов 7 и 3,5 МГц.

Схема цифровой шкалы приведена на рис. 146 и 147. Измеряемые частоты поступают на входы F1, F2, F3 и формируются в усилителях-ограничи-

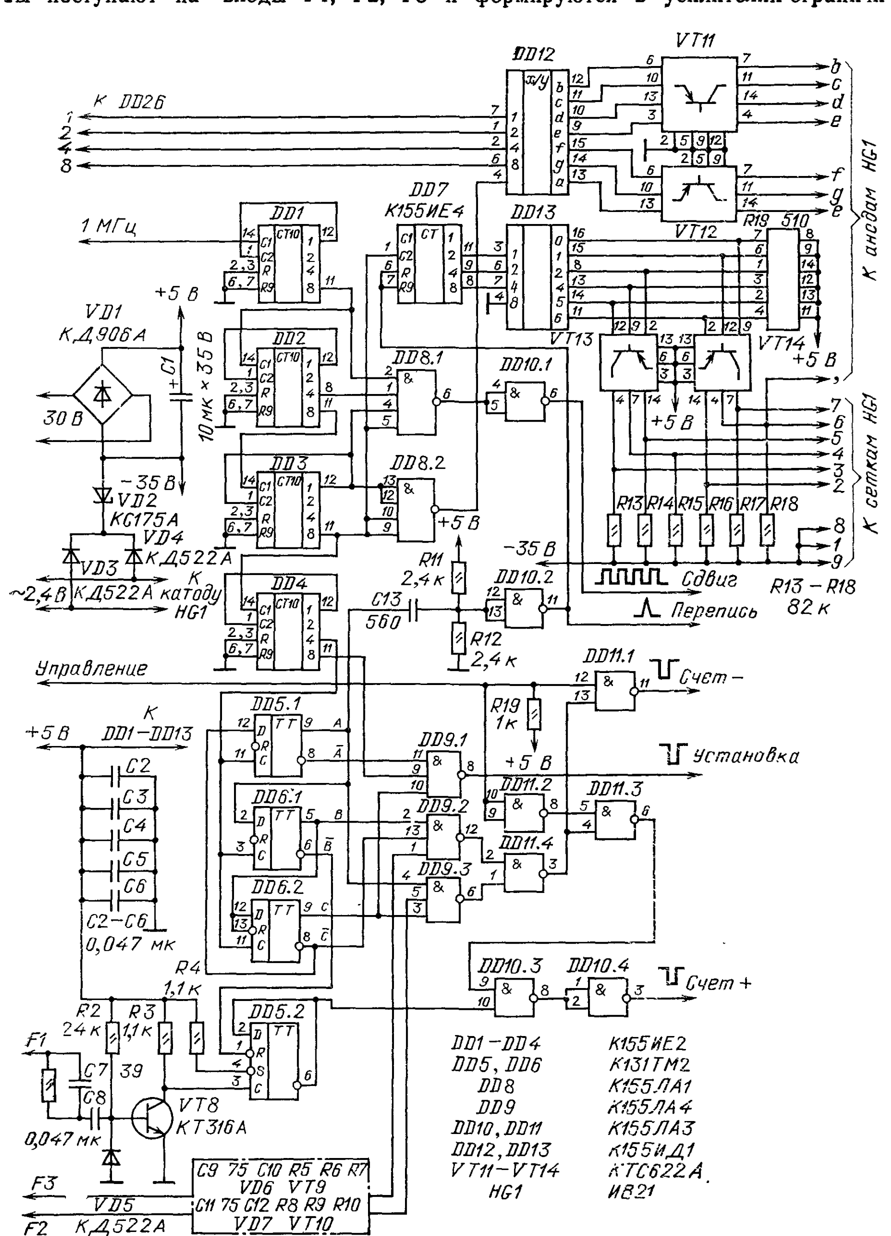


Рис. 146. Схема блока управления цифровой шкалы

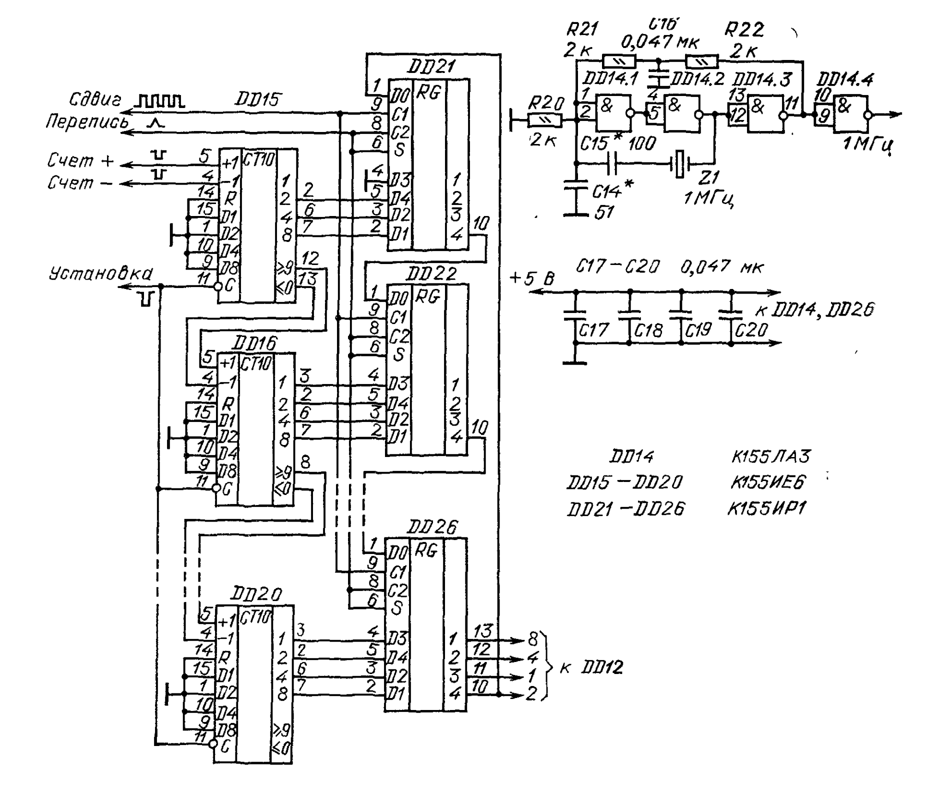
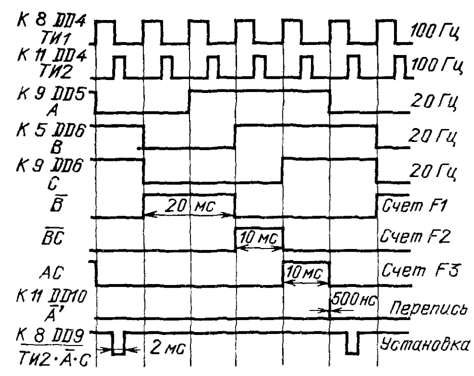


Рис. 147. Кварцевый генератор и счетчик цифровой шкалы

телях на транзисторах VT8, VT9, VT10. Их схемы идентичны, за исключением того, что емкость конденсатора, шунтирующего входной резистор в каналах F2 и F3, увеличена до 75 пФ. Частота F1 может превышать допустимую для микросхем К155ИЕ6, использованных в реверсивном счетчике, поэтому она предварительно делится на два триггером DD5.2 серии К131.

Сигнал эталонной частоты 1 МГц поступает на декадный делитель частоты DD1—DD4 (см. рис. 146), с его выхода сигнал с частотой 100 Гц подается на вход формирователя временных интервалов, выполненного на ИС DD5.1, DD6, DD9, DD11 и элементах DD10.3, DD10.4. Работа формирователя иллюстрируется рис. 148. Импульсы с частотой 20 Гц поступают с выходов триггеров DD5.1, DD6.1, DD6.2 (см. рис. 146) на входы элементов DD9.1, DD9.2 и DD9.3, выполняющих функции дешифраторов и клапанов. Элемент DD9.1 пропускает один из каждых пяти импульсов последовательности ТИ2 с выхода 11 DD4. Эти импульсы устанавливают исходное состояние реверсивного счетчика. Затем импульс $\overline{B}$ с выхода 6 DD6.1 длительностью 20 мс, поступая на вход R триггера DD5.2, разрешает деление частоты F1 в этом триггере, и частота F1/2 проходит через элементы DD10.3 и DD10.4 на вход сложения реверсивного счетчика.



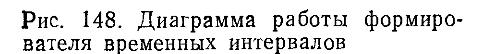


Рис. 148. Диаграмма работы формирователя временных интервалов

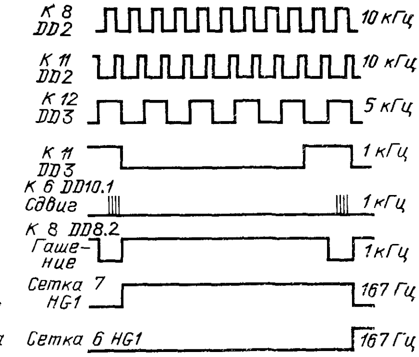


Рис. 149. Диаграмма работы динамической индикации

Элемент DD9.2 разрешает прохождение на реверсивный счетчик в течение 10 мс импульсов с частотой F2, элемент DD9.2 — импульсов с частотой F3. Эти импульсы поступают на вход сложения или вычитания реверсивного счетчика в зависимости от логического уровня сигнала, поступающего на вход Управления шкалы. Если на входе Управление лог. 0, то включен логический элемент DD11.3 и импульсы частот F2 и F3 проходят на вход сложения (диапазоны 14, 21, 28 МГц). Если на входе лог. Управление 1, включен DD11.1 и импульсы проходят на вход вычитания (диапазоны 3,5 и 7 МГц). Управляющий сигнал может определяться переключателем диапазонов трансивера — на диапазонах 28, 21 и 14 МГц вход управления должен быть соединен с общим проводом, на остальных оставлен свободным.

В результате в реверсивный счетчик записывается число, в 100 раз меньшее частоты трансивера, выраженной в герцах.

Коротким импульсом с выхода элемента DD10.2 производится перепись результата из счетчика DD15—DD20 в сдвигающий регистр DD21—DD28 (см. рис. 147). Индикация результата производится динамическим способом на вакуумном восьмиразрядном люминесцентном индикаторе HG1 типа ИВ-21. Работа элементов DD7, DD8, DD12, DD13 и транзисторов матрицы VT11—VT14, обеспечивающих динамический режим работы индикатора, иллюстрируется рис. 149. На входы элемента И-НЕ DD8.1 (см. рис. 146) подаются сигналы с частотами 100, 10, 5 и 1 кГц, в результате чего на выходе DD10.1 формируются пачки из четырех импульсов каждая, следующие друг за другом с частотой 1 кГц. Частота повторения импульсов внутри пачки — 100 кГц. Сформированные пачки подаются на вход сдвига сдвигающего регистра DD21—DD26 (см. рис. 147), замкнутого в кольцо. На выходах последних четырех разрядов сдвигающего регистра (DD26) последовательно формируются коды, соответствующие цифрам, которые необходимо индицировать. Коды цифр подаются через преобразователь двоично-десятичного кода в код семисегментного индикатора DD12 (см. рис. 146) и транзисторы транзисторных матриц VT11, VT12 — на соответствующие аноды индикатора HG1. Одновременно с каждой подачей пачки из четырех импульсов на счетный вход счетчика DD7 подается импульс, переключающий его в новое состояние. Выходы счетчика соединены

со входами дешифратора DD13, выходы дешифратора через транзисторы матриц VT13, VT14 управляют сетками индикатора HG1. В результате в индикаторе поочередно зажигаются необходимые цифры.

После установки в 0 счетчика DD7, происходящей одновременно с переписью информации из реверсивного счетчика в сдвигающий регистр, на выходах DD26 формируется код цифры десятков мегагерц. Одновременно на сетку седьмой цифры индикатора ИВ-21 (счет цифр в нем ведется справа налево) подается положительное относительно катода напряжение и загорается соответствующая цифра. Спустя 1 мс подается пачка импульсов, на выходе DD26 появляется код цифры единиц мегагерц, на сетку шестой цифры индикатора подается положительное напряжение и т. д. Одновременно с зажиганием шестой цифры положительное напряжение подается и на анод запятой, в результате чего на индикаторе цифры мегагерц от остальных цифр отделяются запятой.

Импульсы переписи информации имеют частоту 20 Гц, импульсы на сетках индикаторов — 167 Гц, в результате чего в каждом цикле измерения каждая цифра загорается 8 раз. Для исключения подсветки сегментов в моменты сдвига на вход гашения S преобразователя кода DD12 подаются гасящие импульсы с выхода DD8.2 с частотой 1 кГц.

Примененный способ динамической индикации по сравнению с использованием мультиплексоров требует меньшего числа ИС и значительно проще в монтаже цепей.

Питание индикатора HG1 осуществляется от мостового выпрямителя на диодной матрице VD1 с конденсатором C1. Плюс выпрямленного напряжения соединен с плюсом источника 5 В, минус — через стабилитрон VD2 и диоды VD3, VD4 с катодом индикатора.

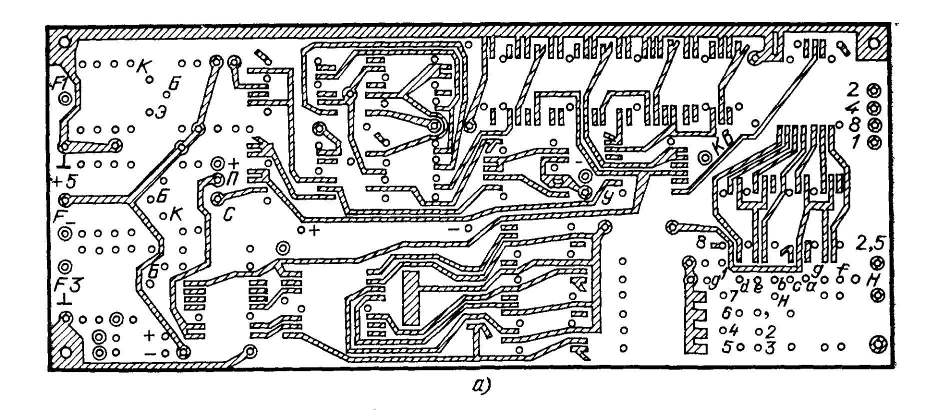
Диоды VD3 и VD4 образуют искусственную среднюю точку напряжения накала HG1, стабилитрон VD2 обеспечивает запирающее напряжение на сетках цифр, индикация которых в данный момент не производится.

В счетчике VD15—VD20 (см. рис. 147), как указывалось выше, алгебраически суммируются результаты измерения трех частот. Из-за произвольного соотношения фаз измеряемых частот и эталонной частоты 1 МГц каждая из частот измеряется со случайной ошибкой в единицу младшего разряда. Полная ошибка может достигать трех единиц, причем величина ошибки для каждого цикла измерений случайна. В результате цифра сотен герц может хаотически изменяться 20 раз в секунду.

Для уменьшения этого явления триггер DD5.2 устанавливается в фиксированное состояние перед началом счета частоты F1, что уменьшает неопределенность его начальной фазы. Кроме того, вход младшего разряда ИС DD21 соединен с общим проводом, в результате чего индицируемая цифра сотен герц всегда четная и диапазон хаотического изменения цифр сотен герц снижен до возможного минимума — одного знака.

Конструктивно цифровая шкала выполнена на двух двусторонних печатных платах габаритиым размером 85×130 мм из стеклотекстолита толщиной 1 мм.

На печатной плате с реверсивным счетчиком и сдвигающим регистром расположен также кварцевый генератор на микросхеме DD14. Платы соединены между собой четырьмя стойками высотой 22 мм. Выводы индикатора HG1 впаяны непосредственно в отверстия первой печатной платы, а сам индикатор


а)

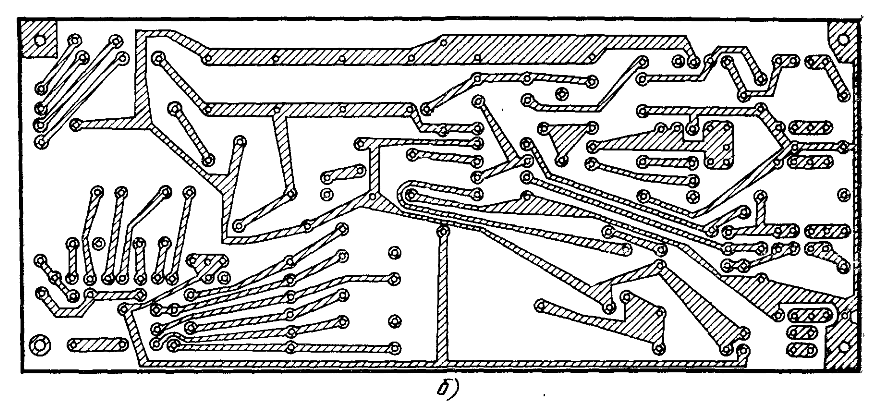

б)

Рис. 150. Печатная плата блока управления

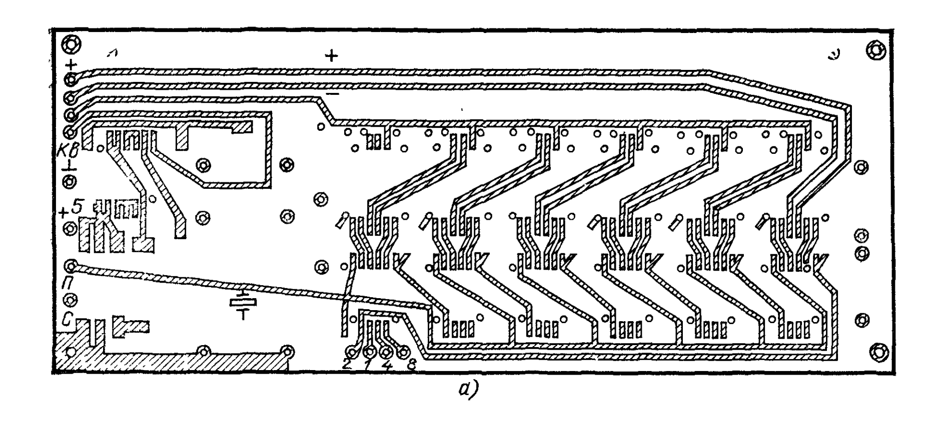
установлен в промежутке между печатными платами. Вся конструкция помещена в алюминиевый корпус с габаритными размерами 33×135×90 мм. Верхняя и нижняя стенки корпуса имеют вентиляционные отверстия. Передняя стенка корпуса изготовлена из зеленого органического стекла.

При использовании микросхем серии К133 в плоских корпусах размеры плат могут быть уменьшены до 50×125 мм. Чертежи печатных плат для этого случая приведены на рис. 150 и 151, расположение деталей на платах — на рис. 152 и 153.

К трансиверу шкала подключается через разъем РП15—15ГВ, установленный на задней стенке корпуса. Для питания шкалы необходимы переменные напряжения 30 В 5 мА; 2,4 В 35 мА и стабилизированное постоянное напряжение 5 В 1 А. Обмотки трансформатора 30 и 2,4 В должны быть изолированы между собой и от других цепей.

Напряжения измеряемых частот F1—F3 могут находиться в пределах 0,2 ... 5 В.

Частота кварцевого генератора может быть кратной 100 кГц в пределах от 100 кГц до 1 МГц, 1,2 или 1,6 МГц. Для получения на выходе делителя



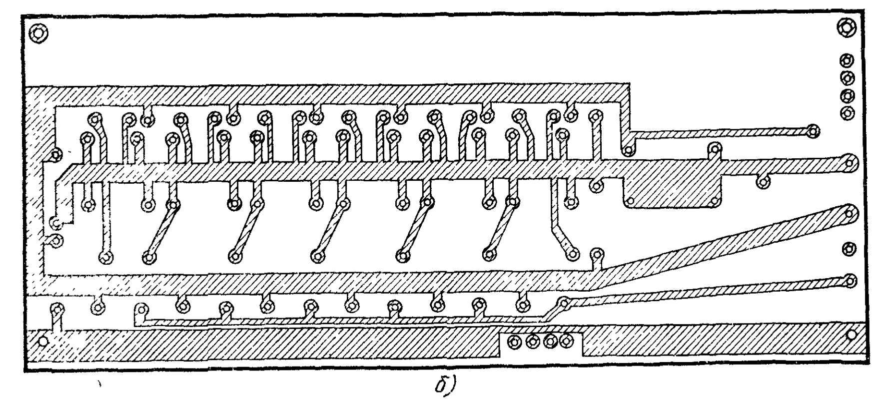


Рис. 151. Печатная плата кварцевого генератора и счетчика

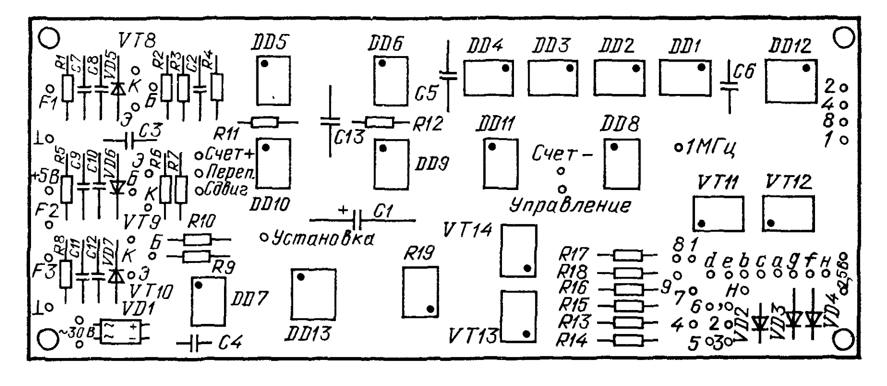


Рис. 152. Размещение деталей на плате блока управления

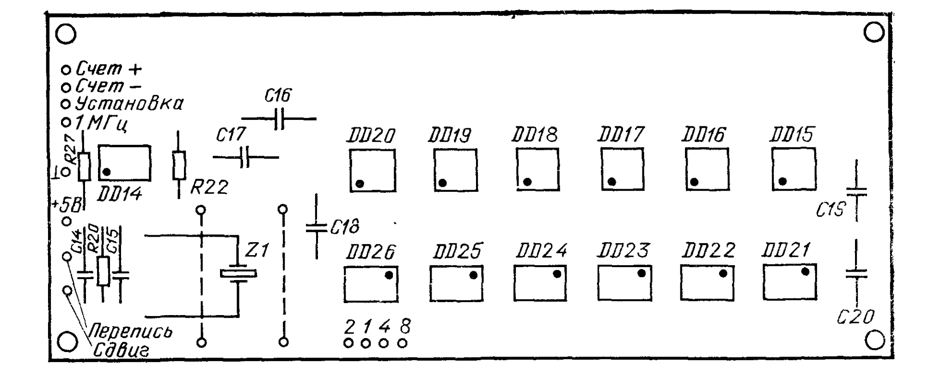


Рис. 153. Размещение деталей на плате генератора и счетчика

частоты 100 кГц следует использовать микросхемы К155ИЕ2, К155ИЕ4 или К155ИЕ5 в режиме соответствующего коэффициента деления частоты, соединив выводы микросхемы в соответствии с табл. 3.

Если в трансивере производится вычитание только одной частоты, выход 12 DD9.2 следует подключить к дополнительному входу DD10.3, в качестве которого необходимо установить трехвходовой элемент И-НЕ, а выходы 1 и 2 DD11.4 объединить. При таком изменении частота F2 всегда будет подаваться только на вход сложения.

При использовании шкалы в радиовещательном приемнике вместо установки реверсивного счетчика перед началом счета в 0 необходима запись в счетчик числа, соответствующего промежуточной частоте. Если в приемнике один гетеродин, частота которого всегда выше принимаемой, а промежуточная частота 465 кГц, в счетчик необходимо записать число 99 535 кГц. В этом случае при подаче сигнала с частотой гетеродина на вход F1 будет происходить переполнение счетчика и на HG1 будет индицироваться частота приема.

Для предварительной записи в счетчик некоторого числа к общему проводу необходимо подключать только часть входов D1—D8 микросхем счетчика, При промежуточной частоте 465 кГц необходимо записать число 99 535 кГц, для чего у микросхем DD20 и DD19 соединить с общим проводом входы D2 и D4 (запись числа 9), у DD18 и DD16 — входы D2 и D8 (число 5), у DD17 — входы D4 и D8 (число 3), у DD15 — все входы D (число 0).

Поскольку при одном гетеродине входы F2 и F3 не нужны, элементы усилителей-ограничителей этих каналов можно не устанавливать, а выводы 1 и 5 DD9 соединить с общим проводом.

При отсутствии микросхемы К514ИД1 вместо нее можно использовать К155ПП5 или К514ИД2, включив транзисторы матриц VT11 и VT12 аналогично транзисторам VT13 и VT14, дополнительно установив между базами транзисторов и выходами микросхемы резисторы с сопротивлением 1,5 кОм.

Микросхемы К131ТМ2 можно заменить на К130ТМ2, К531ТМ2, К530ТМ2, В усилителях-ограничителях транзисторы КТ316А можно заменить на КТ316 с любыми буквенными индексами или другими импульсными транзисторами с временем рассасывания не более 15 нс, диоды КД503А — любыми кремниевыми

диодами. В качестве VD1 можно использовать любые диоды с рабочим напряжением не менее 50 В, в качестве VD2 любой стабилитрон на 6...10 В.

Индикатор ИВ-21 можно заменить на ИВ-18, увеличив напряжение накала до 5 В, или шестью любыми одноместными вакуумными люминесцентными индикаторами, установив соответствующее напряжение питания.

Транзисторные матрицы КТС622А можно заменить любыми кремниевыми p-n-p-транзисторами с допустимым напряжением коллектор — эмиттер не менее 40 В.

При отсутствии ошибок в исправных деталях в шкале при настройке необходимо лишь установить точно частоту кварцевого генератора подбором емкости конденсаторов C14 и C15.

На рис. 154 приведен вариант схемы динамической индикации с использованием мультиплексоров К155КП7. В этом случае сдвигающий регистр заменяют статическим регистром на микросхемах К155ТМ5 или К155ТМ7, можно сохранить К155ИР1. Вместо сдвига используется опрос содержимого регистра памяти мультиплексорами DD27—DD30. Микросхема DD8 и элемент DD10.1 при этом не нужны, вход S DD12 надо оставить свободным.

Устройство динамической индикации с использованием мультиплексоров сложнее устройства со сдвигающим регистром, если необходим промежуточный регистр хранения информации. Если же такой регистр не требуется, например при индикации показаний электронных часов, схема с мультиплексорами требует меньшего числа ИС. Поэтому в случае объединения цифровой шкалы и электронных часов, собранных, например, по схеме рис. 97, можно рекомендовать схему динамической индикации с использованием мультиплексоров. В этом случае в качестве DD27—DD30 (см. рис. 154) необходимо установить мультиплексоры К155КП1, в качестве DD13 — дешифратор К155ИД3, включив дополнительно между его выходами и базами двенадцати ключевых транзисторов резисторы сопротивлением 1,5 кОм. Счетчик DD7 должен работать в режиме деления на 12. Индикация должна осуществляться на двух индикаторах ИВ-21 или ИВ-18, аноды которых объединены. Между выходами интегральных микросхем часов и входами мультиплексоров установки регистров памяти не требуется.

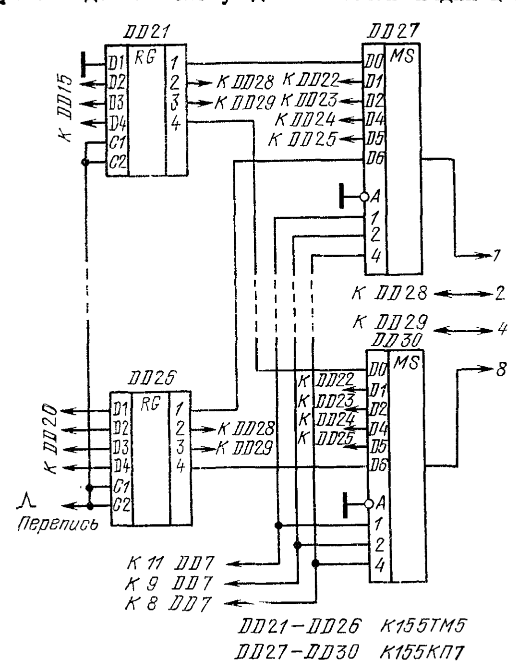


Рис. 154. Схема устройства динамической индикации с использованием мультиплексоров

При использовании в качестве DD27—DD30 микросхем К155КП1 или К155КП5, имеющих только инверсные выходы, необходимо между их выхода-

ми и входами DD12 включить инверторы, например одну микросхему К155ЛА3.

Фронты импульсов на выходах микросхем серии К155 имеют малую длительность, что является источником заметных помех во входном тракте трансивера или радиоприемника. Для исключения помех все цепи питания целесообразно вводить в корпус шкалы через Г-образные LC-фильтры с использованием дросселей на 20 ... 100 мкГн и проходных конденсаторов емкостью 4700 пФ, необходим также хороший электрический контакт между корпусами шкалы и прибора, в который она встроена.

Универсальная цифровая шкала с полупроводниковыми индикаторами

Отличием описываемой здесь цифровой шкалы является возможность ее использования в трансиверах с различными законами формирования рабочей частоты.

Так же, как и в описанном выше устройстве, индицируемая частота определяется частотами трех гетеродинов — F1, F2 и F3. Частота диапазонного гетеродина F1 записывается в реверсивный счетчик всегда с положительным знаком. Частота опорного гетеродина F3 суммируется с F1 в счетчике на диапазонах 28, 21 и 14 МГц и вычитается из частоты F1 на диапазонах 7 и 3,5 МГц, так же как это происходит в описанной выше шкале.

Принципиальное отличие имеет место при учете частоты плавного гетеродина F2. Эта частота в зависимости от закона работы может или всегда суммироваться с F1, или всегда вычитаться из нее, может на всех диапазонах складываться с F3 (как в предыдущей шкале), может на всех диапазонах вычитаться из F3. Возможные варианты работы шкалы приведены в табл. 6. Там же приведены необходимые соединения в схеме шкалы, схема приведена на рис. 155 и 156.

Таблица 6

Закон формирования	Соединить
$F = F1 + F2 \pm F3$	G и M, H и N
$F = F1 - F2 \pm F3$	G и N, H и M
$F = F1 \pm F2 \pm F3$	G и E, H и D
$F = F1 \mp F2 \pm F3$	G и D, H и E

Задающий генератор (см. рис. 155) собран на микросхеме DD1 и работает на частоте 100 кГц. Эта частота делится до 10 Гц делителем DD2—DD5, частота 10 Гц поступает на делитель на 5, собранный на триггерах DD6.2, DD7.1, DD7.2. Работа этого делителя происходит аналогично работе такого же делителя предыдущей шкалы, но длительность импульсов на выходе триггеров увеличена по сравнению с рис. 148 в 10 раз, кроме того, несколько изменена схема формирования импульса установки.

Частота F1 делится в триггере DD6.1 на два и поступает на вход суммирования счетчика, собранного на микросхемах DD12—DD18 (рис. 156) при всех законах работы шкалы.

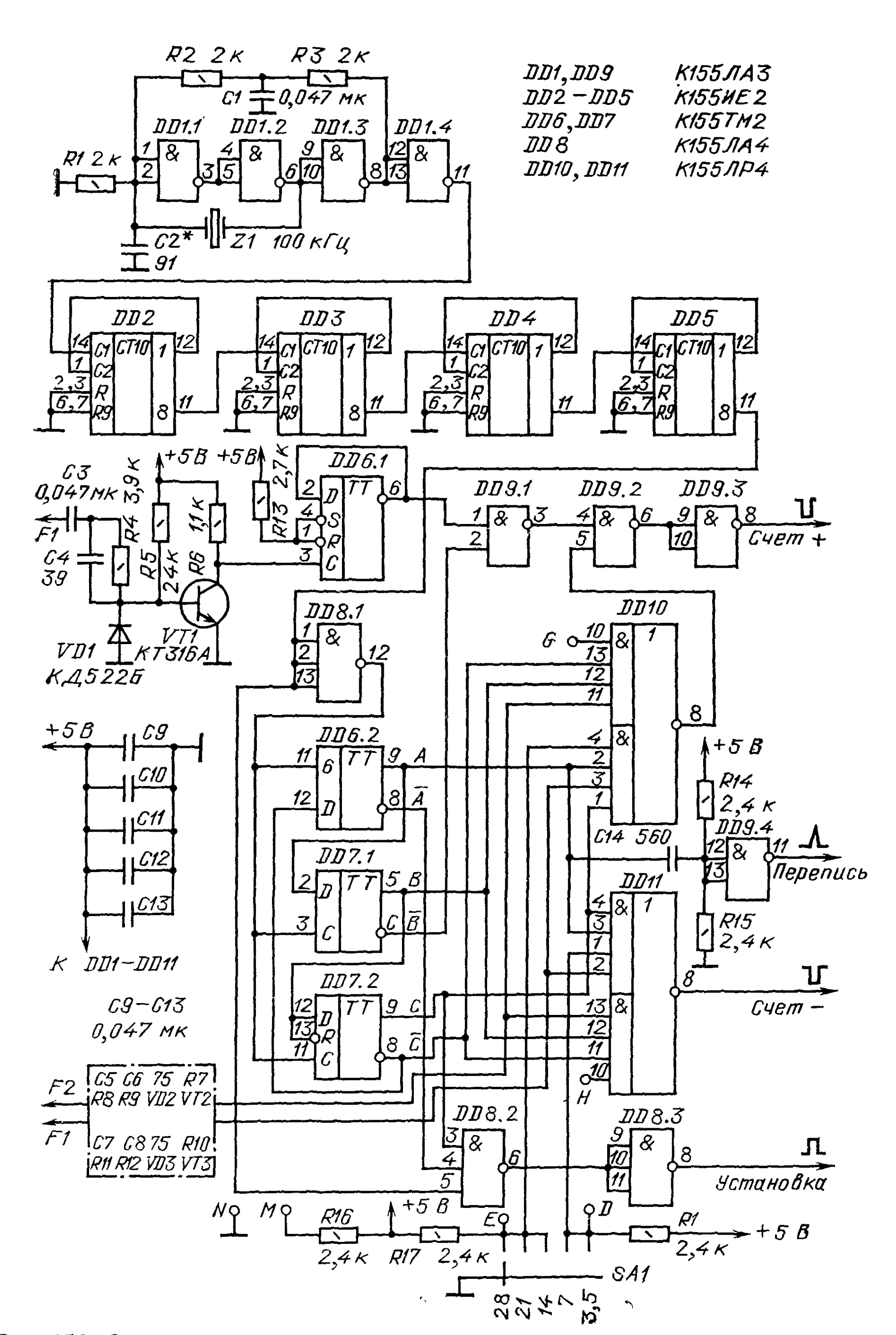


Рис. 155. Схема блока управления универсальной цифровой шкалы

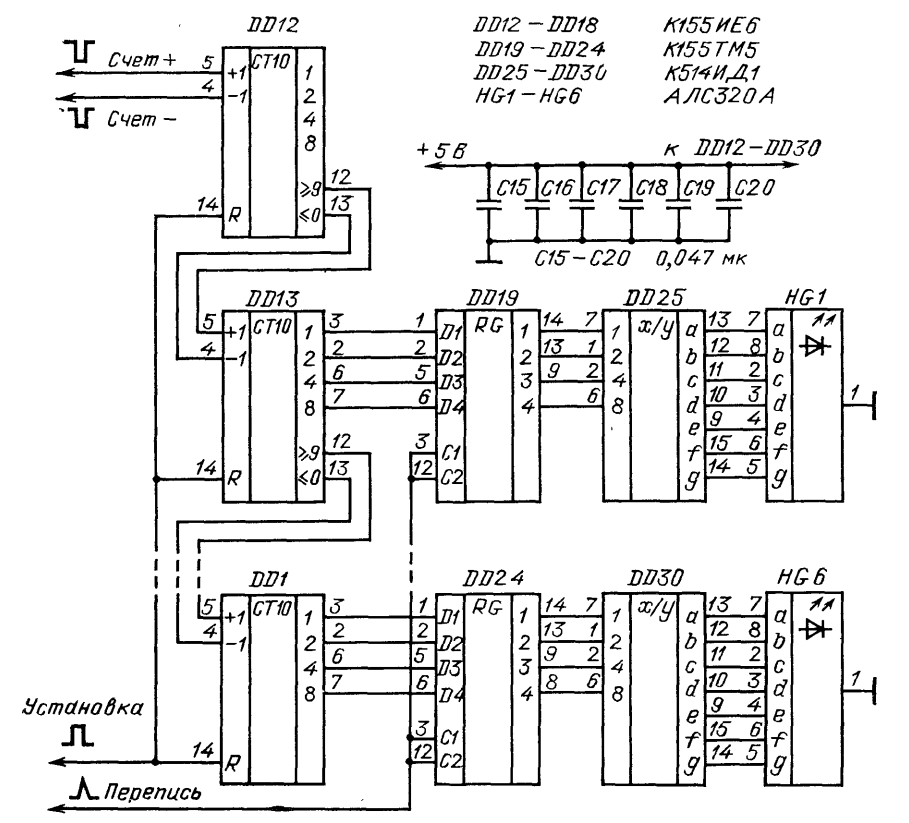


Рис. 156. Схема счетчика универсальной цифровой шкалы

Частота F2 поступает на верхний элемент И микросхемы DD10 и нижний элемент И микросхемы DD11. Входы G и H указанных элементов подключаются к выходам D и E переключателя диапазонов SA1 или к источникам лог. 1 (M) или лог. 0 (N) в соответствии с табл. 6.

Если на вход G подана лог. 1, на вход H — лог. 0, частота F2 проходит на вход суммирования счетчика независимо от диапазона, реализуется первый закон работы шкалы. Если на вход G подать лог. 0, на вход H — лог. 1 — частота F2 будет всегда проходить на вход вычитания счетчика, будет реализован второй закон работы шкалы.

При подключении входа G к выходу E переключателя, H — к D на диапазонах 7 и 3,5 МГц происходит подача частоты F2 на вход вычитания реверсивного счетчика, на диапазонах 28, 21 и 14 — на вход сложения, реализуется закон, аналогичный закону работы описанной выше шкалы.

Если вход G подключить к точке D, H — к E, реализуется четвертый закон работы шкалы.

Частота F3 независимо от варианта работы шкалы суммируется с F1 на диапазонах 28, 21 и 14 МГц и вычитается из нее на диапазонах 3,5 и 7 МГц.

Время счета частоты F1/2 составляет 200 мс, частота F2 и F3 — по 100 мс, поэтому в счетчике записывается частота работы трансивера с точ-

ностью до 10 Гц. Цифра десятков герц записывается в микросхему DD12, десятков мегагерц — в DD18. По импульсу переписи информация из микросхем DD13—DD18 переписывается в регистр хранения DD19—DD24, преобразуется в коды семисегментного индикатора в микросхемах DD25—DD30 и индицируется полупроводниковыми семисегментными индикаторами с общим катодом HG1—HG6.

На индикаторе HG1 отображаются сотни герц, на индикаторе HG6 — десятки мегагерц. Цифра десятков герц не индицируется, микросхема DD12 служит для исключения хаотического изменения младшей цифры индицируемой частоты из-за случайного соотношения фаз считаемых частот (см. с. 118).

Входные формирователи шкалы выполнены по тем же схемам, что и в предыдущем устройстве. Конструктивное оформление шкалы может быть сделано подобным описанной выше шкале, возможны указанные для нее замены элементов.

Микросхемы К514ИД1 могут быть заменены на КР514ИД1, а при использовании полупроводниковых индикаторов с общим анодом — на К514ИД2, КР514ИД2, К155ПП5. В этом случае между выходами микросхем и катодом индикаторов необходимо установить ограничительные резисторы.

Если в шкале использовать микросхемы серии К133, ее можно собрать на двух печатных платах размерами 110×80 мм, чертежи которых приведены на рис. 157 и 158, расположение элементов на них — на рис. 159 и 160.

При сборке схемы рис. 155 на плате рис. 157 необходимо соединить между собой точки G, H, D, E, M, N в соответствии с табл. 6, а также точки А—А, В—В, С—С.

На печатной плате рис. 158 предусмотрены места для установки ограничительных резисторов светодиодных индикаторов с общим анодом. При их установке следует разрезать проводники, соединяющие выходы микросхем DD25—DD30 с выходными контактными площадками, и установить в разрыв проводников резисторы типа КИМ-0,05. Если таких резисторов нет, можно установить резисторы МЛТ-0,125 в два слоя по высоте.

На печатной плате рис. 157 предусмотрено место для установки микросхемы DD0, что позволяет использовать в шкале кварцевые резонаторы с частотой, кратной 100 кГц от 200 кГц до 1 МГц, а также 1,2 МГц и 1,6 МГц (см. с. 23 и табл. 3).

Цифровой генератор качающейся частоты

Описываемый прибор совместно с осциллографом позволяет визуально контролировать и измерять амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) различных низкочастотных устройств: предусилителей-корректоров, темброблоков, эквалайзеров, магнитофонных усилителей записи и воспроизведения и т. д. Он значительно облегчает настройку тракта записи-воспроизведения магнитофонов, установку оптимального тока подмагничивания.

Генератор формирует на выходе синусоидальное напряжение дискретного ряда частот: 0,12; 0,25; 0,5; 1; 2,5; 5,2; 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 и 22 кГц. Этот набор сигналов повторяется с частотой около 5 Гц, и на экране осциллографа наблюдается устойчивое изображение. Генератор почти полностью собран на цифровых микросхемах, что обеспечивает постоянную амплитуду напряжения на выходе, независимо от его частоты. Максимальное выходное напряжение 5 В.

а)

б)

Рис. 157. Печатная плата блока управления

а)

б)

Рис. 158. Печатная плата счетчика

Рис. 159. Размещение деталей на плате блока управления

Рис. 160. Размещение деталей на плате счетчика

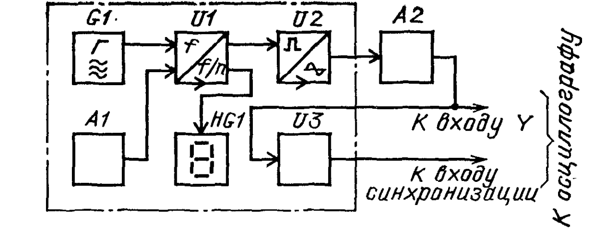


Рис. 161. Структурная схема ГКЧ

Структурная схема прибора показана на рис. 161. С задающего генератора G1 прямоугольные импульсы с частотой следования 11,2 МГц поступают на вход управляемого делителя частоты U1, формирующего пачки прямоугольных импульсов дискретно изменяющейся частоты. С выхода делителя сигнал поступает на вход преобразователя U2 прямоугольного напряжения в синусоидальное. В состав прибора входит также устройство ручного управления A1, индикатор состояний делителя HG1 и формирователь синхронизирующих импульсов U3, необходимый для синхронизации осциллографа при настройке канала записи-воспроизведения магнитофона. Синхронизирующие импульсы формируются из исследуемого сигнала, т. е. из сигнала с выхода магнитофона.

Принципиальная схема прибора изображена на рис. 162. Задающий генератор собран по схеме мультивибратора на элементах микросхемы DD1. С его выхода прямоугольные импульсы поступают на вход делителя с переменным коэффициентом деления, выполненного на микросхемах DD2, DD3. Управляет делителем генератор, собранный на микросхеме DD12. Импульсы с частотой следования около 70 Гц с его выхода (в режиме автоматического управления) или с выхода RS-триггера на элементах DD13.1, DD13.2 (в режиме ручного управления) поступают через контакты переключателя SA1 иа вход счетчика DD5. Соединенный с его выходами дешифратор DD6, в свою очередь, управляет работой шифратора на диодах VD3—VD35 и триггере DD17.1, формирующего код, управляющий работой делителя. Этот код зависит от того, в каком состоянии находится счетчик DD5, что и обеспечивает необходимый коэффициент деления. Так как на выходе микросхемы DD3 формируется последовательность неравномерно расположенных во времени импульсов, то для приближения формы напряжения к меандру импульсы обрабатываются счетчиком DD4, понижающим их частоту в 8 раз.

При переходе счетчика DD5 в нулевое состояние счетчик DD7 и триггер DD17.2 также устанавливаются в это состояние, что необходимо для стабилизации начальной фазы на выходе преобразователя прямоугольного напряжения в синусоидальное, одновременно происходит сброс показаний индикатора (счетчик DD14 и триггер на элементах DD13.3, DD13.4 устанавливаются в нулевое состояние). Кроме того, изменяет свое состояние триггер DD17.1, работающий в составе шифратора.

Пока счетчик DD5 находится в состоянии 0 или 1, управляемый делитель частоты на микросхемах DD2, DD3 блокирован через диоды VD1, VD2 и на выходе преобразователя прямоугольного напряжения в синусоидальное сигнал равен 0. Таким образом, в течение первых двух тактов управления формируется пауза, за время которой вырабатывается синхроимпульс для запуска

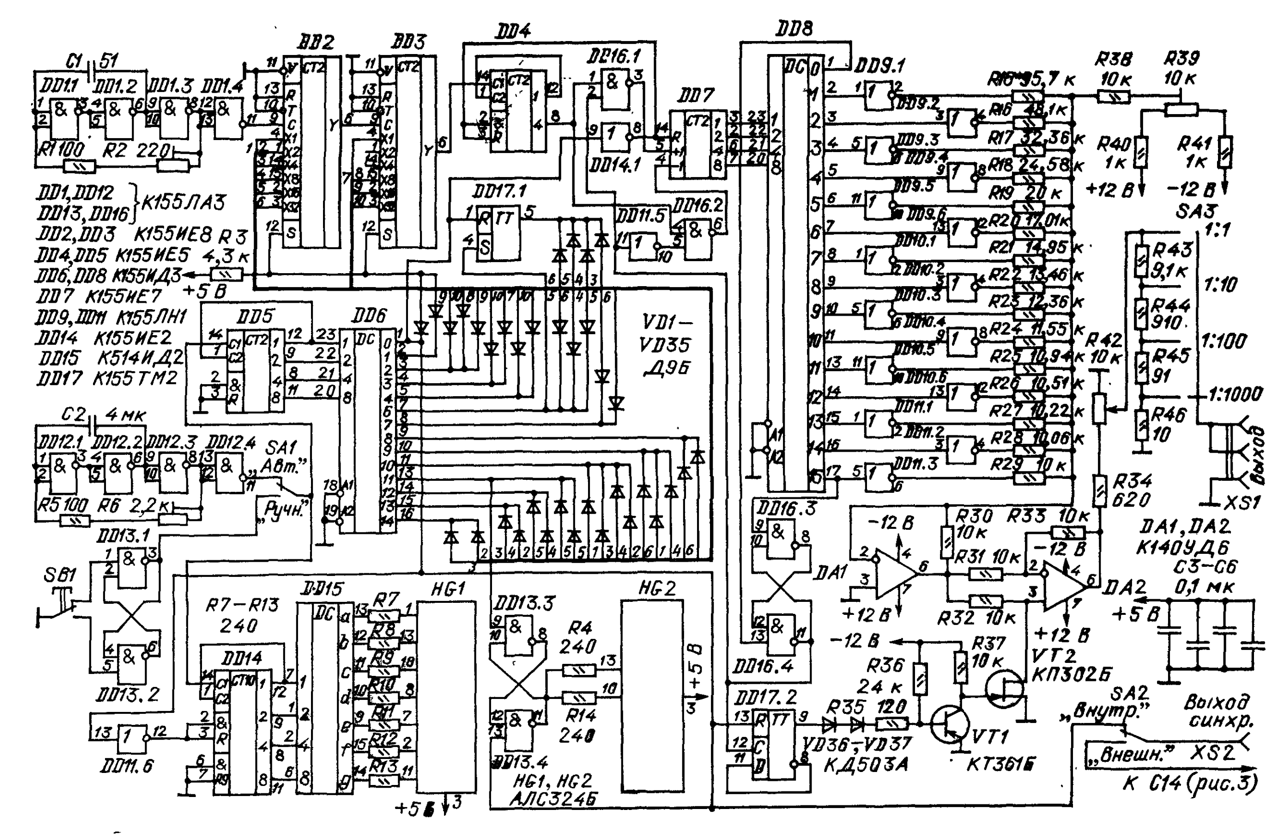


Рис. 162. Принципиальная схема ГКЧ

развертки осциллографа. При настройке устройств, в которых выходной сигнал появляется практически одновременно с входным, для синхронизации развертки осциллографа используют импульсы с выхода дешифратора DD6 (режим внутренней синхронизации). Если же регулируется канал записи-воспроизведения магнитофона, где процессы записи и воспроизведения разнесены во времени, синхронизирующие импульсы формируются узлом синхронизации.

В режиме ручного управления состояние счетчика DD5, а следовательно, и порядковый номер частоты синусоидального сигнала на выходе генератора индицируют светодиодные индикаторы HG1 (единицы) и HG2 (десятки).

С выхода счетчика DD4 прямоугольные импульсы поступают через элементы совпадения DD16 1, DD16.2 на входы прямого и обратного счета реверсивного счетчика DD7. Последний управляет работой дешифратора DD8, к выходам которого через инверторы DD9.1—DD11.3 подключены токозадающие резисторы R15—R29. В зависимости от состояния счетчика DD7 сигнал лог. 1 с выхода одного из инверторов поступает на вход операционного усилителя (ОУ) DA1, работающего в режиме преобразователя тока в напряжение. На ОУ DA2 собран управляемый инвертор.

Преобразователь прямоугольного напряжения в синусоидальное работает следующим образом. Предположим, что открыт элемент DD16.1, т. е. на выводе 11 триггера на элементах DD16.3, DD16 4 присутствует лог. 1. В этом случае импульсы пройдут на вход прямого счета (+1) счетчика DD7, а следовательно, на инвертирующий вход ОУ DA1 будет подаваться уровень лог. 1 поочередно через токозадающие резисторы R15—R29. Выходное напряжение ОУ DA1 определяется напряжением на выходе инверторов DD9.1—DD11.3 и отношением сопротивления резистора R30 к сопротивлению резисторов R15—R29, которое изменяется по синусоидальному закону. Следовательно, в течение первых 16 импульсов формируется нарастающая часть положительной полуволны синусоиды. Когда же счетчик DD7 переходит в состояние 15, триггер на элементах DD16.3, DD16.4 изменяет свое состояние и разрешает прохождение сигнала на его вход обратного счета. В результате дешифратор DD8 начинает подключать к входу ОУ DA1 токозадающие резисторы в обратном порядке, и на выходе ОУ формируется спадающая часть положительной полуволны синусоиды.

Все это время на выходе 9 триггера DD17.2 поддерживается уровень лог. 0, транзисторы VT1, VT2 закрыты, и ОУ DA2 работает как повторитель с единичным коэффициентом передачи При переходе счетчика DD7 из состояния 1 в состояние 0 RS-триггер на элементах DD16.3, DD16.4 изменяет свое состояние. Выходным сигналом он разрешает прохождение сигнала на вход прямого счета счетчика DD7 и переводит триггер DD17.2 в состояние, в котором напряжение на его выходе 9 имеет уровень лог. 1. Под действием этого напряжения транзистор VT2 открывается и каскад на ОУ DA2 превращается в инвертор с единичным коэффициентом передачи. Иными словами, на выходе генератора начинает формироваться отрицательная полуволна синусоиды. С выхода ОУ DA2 сигнал через плавный (R42) и ступенчатый (SA3, R43—R46) аттенюаторы поступает на разъем XS1.

Принципиальная схема устройства синхронизации приведена на рис. 163 нумерация его элементов продолжает начатую на рис. 162. С выхода магнитофона сигнал (синусоидальное напряжение дискретного ряда частот) поступает через эмиттерный повторитель (VT3) на фильтр, собранный на ОУ DA3

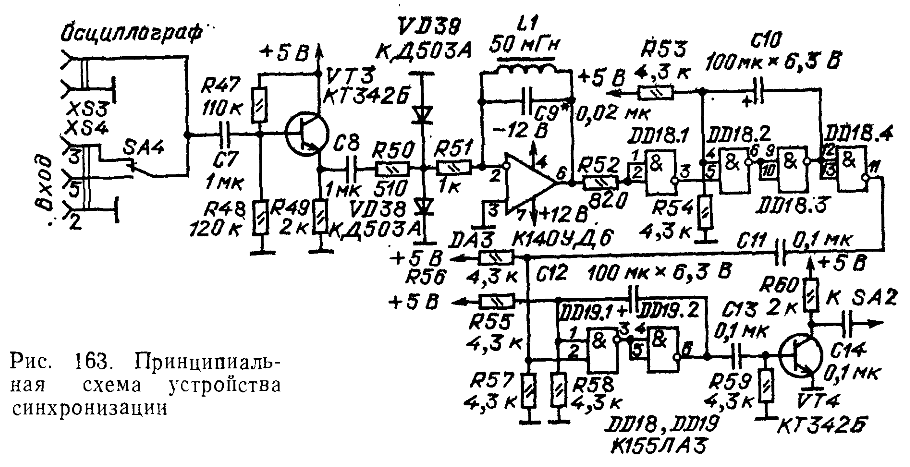


Рис. 163. Принципиальная схема устройства синхронизации

и настроенный на частоту 5,2 кГц (сигнал такой частоты, как правило, хорошо записывается любым магнитофоном на любой скорости). Выходной сигнал фильтра через инвертор DD18.1 поступает на вход одновибратора на элементах DD18.2—DD18.4. Он формирует импульс длительностью около 60 мс, по спаду которого запускается второй одновибратор DD19.1, DD19.2, генерирующий импульс такой же длительности. По спаду этого импульса на коллекторе транзистора VT4 формируется короткий импульс синхронизации, который через переключатель SA2 поступает на выходной разъем XS2. Задержка на 120 мс необходима для того, чтобы синхронизирующий импульс появился в паузе между циклами, т. е. во время, пока счетчик DD5 находится в состоянии 0 или 1. При использовании одного одновибратора необходимую задержку при малом времени восстановления получить не удается. Переключатель SA4 служит для переключения каналов стереофонических устройств.

Питается генератор от источника, схема которого показана на рис. 164. При отсутствии микросхемы К142ЕН5А стабилизатор может быть собран по любой другой схеме, важно лишь, чтобы он обеспечивал выходное напряжение 5 В при токе 0,6 А.

Детали и конструкции. В генераторе использованы постоянные резисторы МЛТ-0,125. Резисторы R15—R31, R33 необходимо подобрать с точностью 0,5%.

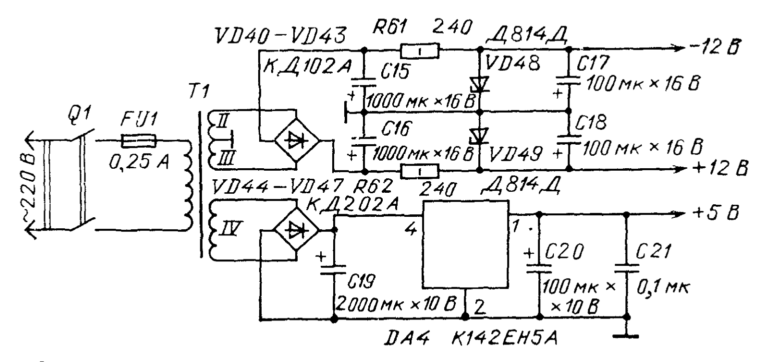


Рис 164. Схема источника питания

Если точно измерить их сопротивление нечем, то каждый из резисторов нужно заменить постоянным резистором сопротивлением ближайшего меньшего номинала и последовательно с ним включить подстроечный резистор, сопротивление которого устанавливают при налаживании. Остальные детали следующих типов: подстроечные резисторы СП5-3, конденсаторы К50-6 (К50-16), КМ-6б, переключатели МТ3 и МТД1, кнопка КМ1-1, галетный переключатель ПГ2-10-6П1НВ, розетки ОНЦ-ВГ-4-5/16р (XS1, XS4) и СР-50-73Ф (XS3). Вместо микросхем серии К155 можно использовать соответствующие микросхемы серии К133, вместо К140УД6 — ОУ К140УД7, К140УД8. Транзисторы КТ342Б можно заменить транзисторами серии КТ315 со статическим коэффициентом передачи тока $h_{21\,э}$ не менее 50. Диоды VD1—VD35 любые маломощные.

Дроссель L1 намотан на ферритовом (1000НМ) кольце типоразмера К16×10×4,5 и содержит 350 витков провода ПЭВ-2 0,1. Трансформатор питания Т1 намотан на магнитопроводе ШЛ16×24. Обмотка I содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 0,1, обмотки II и III — по 130 витков провода ПЭВ-2 0,2 обмотка IV — 90 витков провода ПЭВ-2 0,7.

Почти все детали генератора смонтированы на печатной плате размерами 160×140 мм, изготовленной из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. На лицевой панели прибора расположены розетки XS1—XS4, переключатели SA1—SA4, индикаторы HG1, HG2, переменный резистор R42. Микросхема К142ЕН5А закреплена на игольчатом теплоотводе площадью около 70 см².

Налаживание генератора начинают с проверки работоспособности делителя частоты с переменным коэффициентом деления и блока управления им. Для этого переключатель SA1 устанавливают в положение Ручн. к выводу 8 счетчика DD4 подключают осциллограф и, нажимая на кнопку SB1, наблюдают на экране прямоугольные импульсы. При каждом нажатии на кнопку их частота следования и число, высвечиваемое на индикаторах HG1, HG2, должны изменяться. При числе 14 подстроечным резистором R2 устанавливают по частотомеру на выходе 8 счетчика DD4 частоту 1408 кГц, что соответствует частоте 22 кГц на выходе преобразователя. Затем проверяют соответствие остальных частот сетке, приведенной в начале статьи. Коды на входах микросхем управляемого делителя для этих частот указаны в табл. 7.

Далее переключатель SA1 переводят в положение Авт и наблюдают на экране прямоугольные импульсы периодически изменяющейся частоты. Убедившись в этом, переключатель SA1 вновь устанавливают в положение Ручн., счетчик DD5 (кнопкой SB1) — в любое состояние, кроме 0 и 1, и наблюдают сигнал на выходе генератора. Минимальных искажений его формы в момент прохождения синусоиды через 0 добиваются подстроечным резистором R39. Если в составе токозадающих резисторов R15—R29 применены подстроечные резисторы, синусоидальной формы выходного напряжения добиваются изменением их сопротивлений. Это нетрудно сделать по наложенному на экран осциллографа листу прозрачной пленки с начерченной на нем синусоидой.

Закончив регулировку, проверяют работоспособность генератора в целом. Соединив розетку XS1 с входом У осциллографа, а XS2 — с его входом синхронизации, устанавливают переключатели SA1 и SA2 соответственно в положения Авт. и Внутр., переводят развертку осциллографа в ждущий режим и включают внешнюю синхронизацию. Длительность развертки должна быть около 200 мс. На экране должно наблюдаться устойчивое изображение прямо-

Таблица 7

Частота, кГц	Состояние счетчика DD5	Показания индикатора	Код управляющего сигнала на входе микросхемы											
			DD2						DD3					
			1	2	4	8	16	32	1	2	4	8	16	32
—	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	1	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,12	2	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
0,25	3	2	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
0,5	4	3	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
1	5	4	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
2,5	6	5	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
5,2	7	6	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
8	8	7	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
10	9	8	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
12	10	9	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
14	11	10	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
16	12	11	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
18	13	12	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
20	14	13	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	15	14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

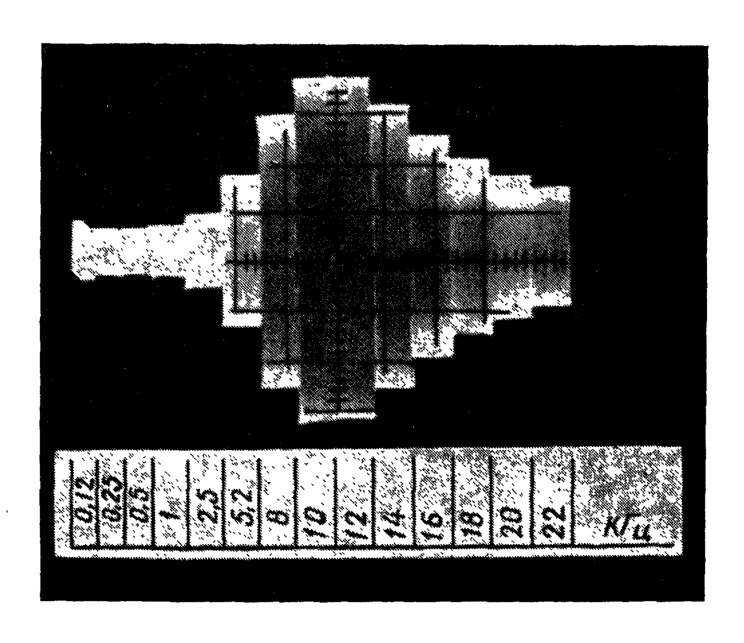


Рис. 165. Осциллограмма АЧХ

угольника, заполненного синусоидальными колебаниями возрастающей слева направо частоты.

В последнюю очередь настраивают синхронизатор. На его вход (розетка XS4) подают сигнал амплитудой около 50 мВ с работающего в автоматическом режиме генератора и наблюдают сигнал на выводе 6 ОУ DA3. Подбором конденсатора С9 добиваются максимального напряжения на частоте 5,2 кГц (это шестая частота, если считать слева направо). При правильной настройке фильтра на выходе внешней синхронизации (XS2) должны быть короткие импульсы отрицательной полярности с частотой следования около 5 Гц, совпадающие по времени примерно с серединой паузы выходного напряжения генератора. Положение синхроимпульсов уточняют подстроечным резистором R6.

При работе с прибором исследуемое устройство А2 подключают, как показано на рис. 161. Осциллограф присоединяют к розетке XS3. Развертка осциллографа — ждущая, синхронизация — внешняя, с соответствующего выхода генератора. Вращая ручку «Уровень синхронизации» осциллографа и подбирая длительность развертки, добиваются устойчивого изображения на экране.

В качестве примера на рис. 165 приведена осциллограмма АЧХ усилителя записи магнитофона «Весна-306». Из осциллограммы видно, что частота настройки контура высокочастотной коррекции около 11 кГц, подъем АЧХ на частоте 10 кГц относительно 500 Гц примерно 17 дБ, а на частоте 120 Гц — около 3 дБ.

ЦИФРОВОЙ ОКТАН-КОРРЕКТОР

Практически все важнейшие показатели, характеризующие нормальную работу двигателя и автомобиля в целом, — топливная экономичность, скоростная динамика автомобиля, токсичность отработанных газов, долговечность двигателя — в значительной степени определяются правильностью начальной установки опережения зажигания (УОЗ). При слишком позднем зажигании не полностью сгорает рабочая смесь, а следовательно, снижается мощность, ухудшается приемистость, возрастает расход топлива, перегревается двигатель. Если начальная установка опережения зажигания чрезмерно ранняя, возникают детонационные сутки, снижается мощность, возможны прогары поршней, прокладки головки блока цилиндров и другие повреждения двигателя. Установить оптимальный начальный угол опережения зажигания на сколько-нибудь длительное время практически невозможно. Использование этилированного и неэтилированного бензина, тем более смеси различных сортов бензина, вызывает необходимость корректировки начальной установки угла опережения зажигания. Даже после каждой заправки автомобиля топливом той же марки или изменении нагрузки на автомобиль поведение двигателя заметно меняется. Чтобы часто не проводить хотя и не трудоемкую, но достаточно тонкую операцию по начальной установке УОЗ, большинство автолюбителей эксплуатируют автомобиль с заведомо поздним начальным УОЗ, мирясь или не замечая тех потерь, которые при этом несут.

Описываемый цифровой октан-корректор позволяет оперативно, из салона автомобиля, менять начальный УОЗ от 0 до —16,8° относительно угла опережения зажигания установленного механическим октан-корректором. Шаг регулирования 1,4°. Характеристики октан-корректора практически не зависят от температуры, возможные колебания установленного угла не превышают ±0,1°.

Октан-корректор предназначен для работы совместно с любой системой электронного зажигания. Регулирование угла опережения зажигания осуществляется малогабаритным галетным переключателем на 12 положений.

Октан-корректор представляет собой устройство, задерживающее импульсы от прерывателя на время, обратно пропорциональное частоте вращения вала двигателя и зависящее от положения переключателя, управляющего его работой. Принципиальная схема октан-корректора приведена на рис. 166.

Устройство состоит из входной цепи, устраняющей дребезг, VT1, DD3.1, DD3.2, генератора прямоугольных импульсов DD1.1, DD1.4, счетчика с переменным коэффициентом деления DD4, реверсивного счетчика DD5—DD7, триггера DD2.1, DD2.2, одновибратора DD3.3, DD1.2 и усилителя VT3, VT4, формирующих выходной импульс.

После включения зажигания триггер DD2.1, DD2.2 может установиться в любое положение. Предположим, что на выходе 6 микросхемы DD2 будет высокий уровень. Тогда импульсы с выхода генератора DD1.1, DD1.4 частотой около 640 кГц, пройдя через счетчик с переменным коэффициентом деления DD4, делитель DD8, элемент DD2.3, попадут на вход прямого счета реверсивного счетчика DD5—DD7. Когда на выходах 6 и 7 микросхемы DD7 появятся высокие уровни, элемент DD1.3 запретит работу счетчика DD4 и заполнение реверсивного счетчика DD5—DD7 прекратится. После первого размыкания контактов прерывателя на выходе одновибратора DD3.1, DD3.4 сформируется импульс длительностью около 500 мкс. Это необходимо для устранения дребезга контактов при размыкании. После дифференцирования цепочкой C5R13R14 этот импульс перебросит триггер DD2.1, DD2.2 и обнулит счетчик DD8. Триггер своими выходными сигналами обнулит счетчик DD4, запретит прохождение импульсов с генератора на вход прямого счета 5 реверсивного счетчика и разрешит прохождение импульсов через делитель DD8 и клапан DD2.4 на вход обратного счета реверсивного счетчика DD5—DD7. Когда этот счетчик досчитает до нулевого состояния, на катодах диодов VD6—VD17 появится лог. 0. С выхода эмиттерного повторителя VT2 лог. 0 запустит одновибратор DD3.3, DD1.2. После усиления транзисторами VT3 и VT4 на выходе октан-корректора формируется положительный импульс амплитудой 12 В и длительностью 500 мкс. Этот импульс используется для запуска системы электронного зажигания. Одновременно лог. 0 с эмиттера транзистора VT2 возвращает триггер DD2.1, DD2.2 в исходное состояние и опять начинается заполнение реверсивного счетчика. Таким образом, заполнение реверсивного счетчика начинается в момент искрообразования, а вычитание из него в момент размыкания контактов прерывателя. В интервале рабочих частот вращения вала двигателя реверсивный счетчик не успевает заполниться полностью за время между моментами искрообразования и очередным размыканием контактов прерывателя. Следовательно, число импульсов, записанных в счетчик, а значит, и время задержки, будет строго обратно пропорционально частоте вращения вала двигателя, а угол задержки, вносимый октан-корректором, будет оставаться постоянным. Он определяется по формуле

$$\alpha_{зад} = (F_{зап}/F_{выч})\,180°,$$

где $F_{зап}$ — частота импульсов, заполняющих реверсивный счетчик; $F_{выч}$ — частота импульсов, вычитающихся из него. Так как угол задержки определяется отношением частот $F_{зап}/F_{выч}$, а генератор общий, то изменение частоты

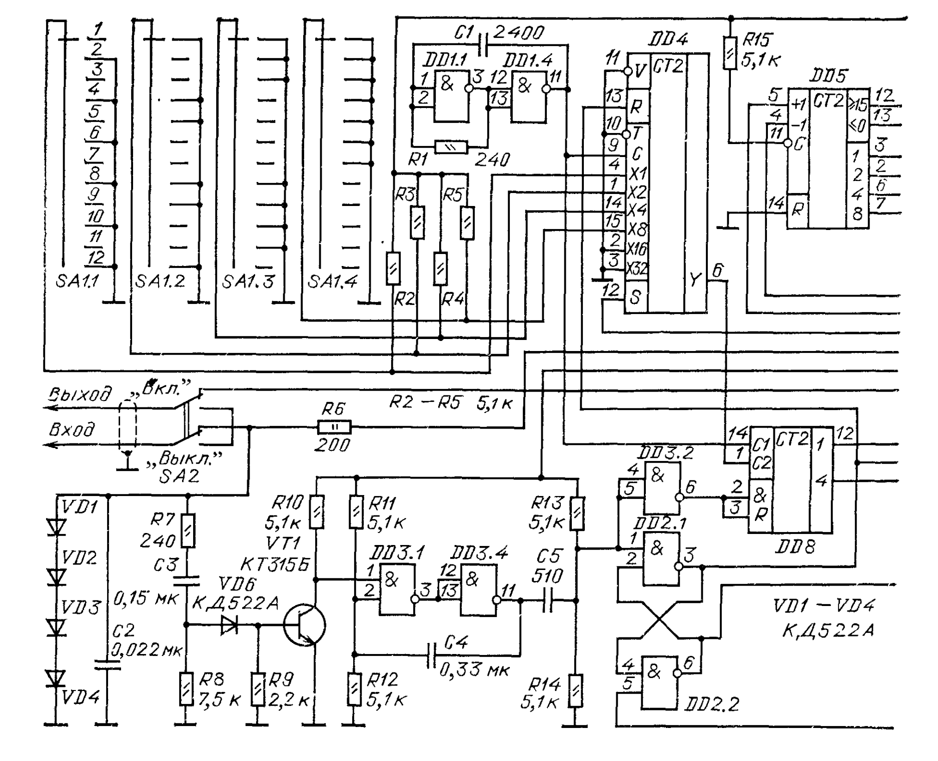
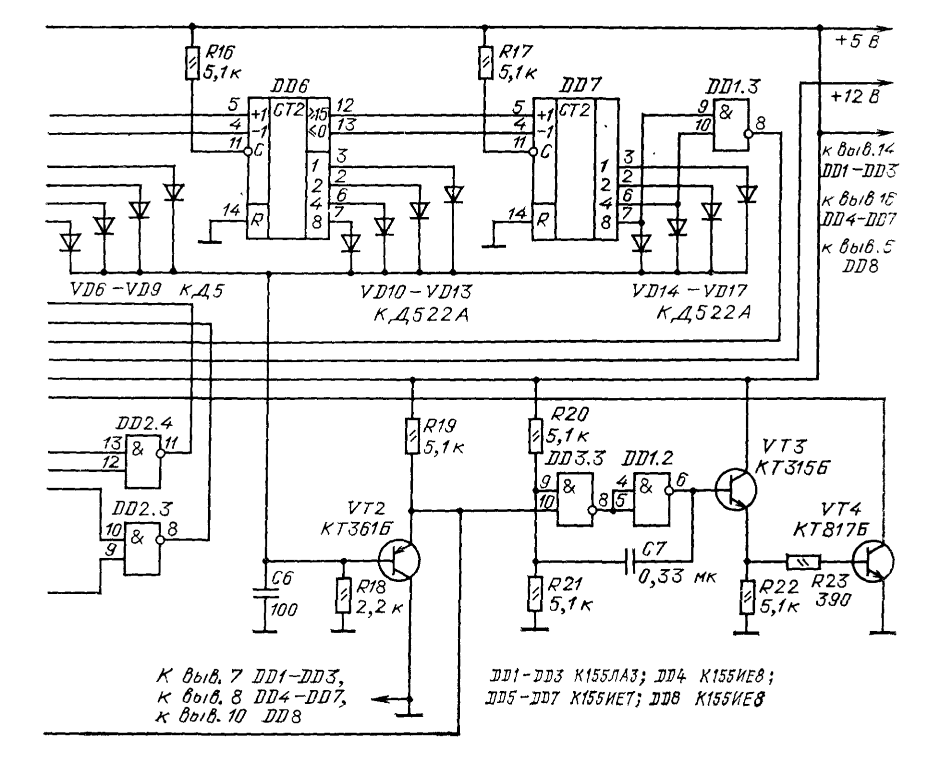


Рис. 166. Принципиальная схема цифрового октан-корректора

генератора не вызывает изменение угла запаздывания, что обеспечивает высокую температурную стабильность устройства. Частота $F_{зап}$ зависит от коэффициента деления счетчика DD4, который, в свою очередь, определяется кодом на управляющих входах X1—X8. Этот код задается переключателем SA1. Положение этого переключателя и определяет угол, на который запаздывает

Таблица 8

Угол задержки, град	Уровень на входах DD4			
	X8	X4	X2	X1
1,4	0	0	0	1
2,8	0	0	1	0
4,2	0	0	1	1
5,6	0	1	0	0
7	0	1	0	1
8,4	0	1	1	0
9,8	0	1	1	1
11,2	1	0	0	0
12,6	1	0	0	1
14	1	0	1	0
15,4	1	0	1	1
16,8	1	1	0	0



выходной импульс относительно момента размыкания контактов прерывателя. Код на входах X1—X8 микросхемы DD4 приведен в табл. 8.

Объем реверсивного счетчика DD5—DD7 и частота генератора определяют максимальное время задержки октан-корректора, а следовательно, и минимальную частоту вращения вала двигателя, при которой начальный угол опережения зажигания остается постоянным. При меньшей частоте вращения вала начальный угол запаздывания, вносимый октан-корректором, начинает уменьшаться, так как время задержки остается постоянным и составляет около 10 мс. Корректор обеспечивает максимальный угол задержки —16,8° при частоте вращения вала двигателя около 600 об/мин. Уменьшение угла запаздывания на пусковые характеристики двигателя заметного влияния не оказывает. Снизив частоту генератора, можно пропорционально снизить частоту вращения вала, при которой характеристика октан-корректора остается горизонтальной. При этом несколько увеличатся колебания установленного корректором угла. При снижении частоты генератора с 640 до 210 кГц, погрешность возрастает до ±0,25°, а линейный диапазон октан-корректора расширяется до 200 об/мин.

Графики, поясняющие работу цифрового октан-корректора, приведены на рис. 167.

На рис. 168 приведены общие характеристики цифрового октан-корректора и центробежного регулятора угла опережения зажигания.

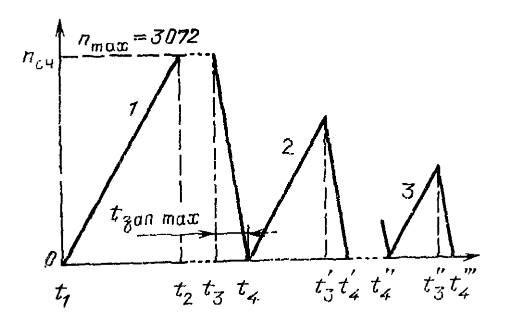


Рис. 167. Временна́я диаграмма работы октан-корректора:

1 — график работы октан-корректора сразу после включения зажигания; *2*, *3* — графики работы при возрастающей частоте вращения вала двигателя, t_1 — момент включения зажигания, t_2 — момент полного заполнения реверсивного счетчика, t_3 — момент размыкания контактов прерывателя, t_4 — момент формирования выходного импульса (искрообразование), $t_{зап}$ — время задержки, вносимое октан-корректором

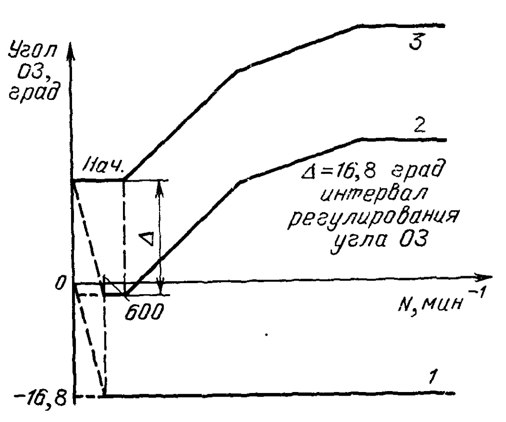


Рис. 168. Регулировочная характеристика октан-корректора:

1 — характеристика цифрового октан-корректора при максимальном угле запаздывания, *2* — характеристика центробежного регулятора при выключенном октан-корректоре, *3* — общая характеристика при максимальном угле задержки цифрового октан-корректора, нач. — начальный угол опережения зажигания, выставленный механическим октан-корректором

Цифровой октан-корректор выполнен на печатной плате размером 60×120 мм из двустороннего фольгированного стеклотекстолита. Рисунок печатной платы со стороны расположения деталей приведен на рис. 169, с обратной стороны — на рис. 170. Блокировочные конденсаторы на схеме рис. 166 не показаны. В корректоре применены следующие детали: резисторы R6 — МЛТ-2, остальные МЛТ-0,125 или МЛТ-0,25, конденсаторы: С15 — К52-1 470 мк×6,3 В, остальные КМ-6б или КМ-5 (емкость конденсаторов С8—С14 0,047 мкФ). Переключатель SA1 — ПГ2-8-12П4НВ SA2 — МТ-3. Вместо указанных в схеме диодов VD1—VD4 КД522А можно применить любые кремниевые маломощные диоды, допускающие прямой ток не менее 100 мА, например КД102А, КД509А, и т. д., вместо диодов VD5—VD17 — любые маломощные кремниевые импульсные диоды, например КД503А, КД509А, КД512А и т. д. В качестве транзистора VT4 могут быть использованы любые кремниевые транзисторы средней мощности, соответствующей структуры, например КТ801А, КТ815А.

Коэффициент усиления всех транзисторов $h_{21Э}$ должен быть не менее 30. Номиналы использованных резисторов и конденсаторов могут отличаться от указанных в схеме на ±20%. При отсутствии галетного переключателя на четыре направления можно использовать переключатель на одно направление, но в этом случае необходимо собрать диодный шифратор. Схема шифратора приведена на рис. 171. В шифраторе могут быть использованы любые маломощные диоды.

Источник питания октан-корректора может быть собран по любой схеме, обеспечивающей выходное напряжение +5 В ±5% при токе нагрузки 0,4 А

Рис. 169. Печатная плата октан-корректора со стороны расположения деталей и расположение деталей

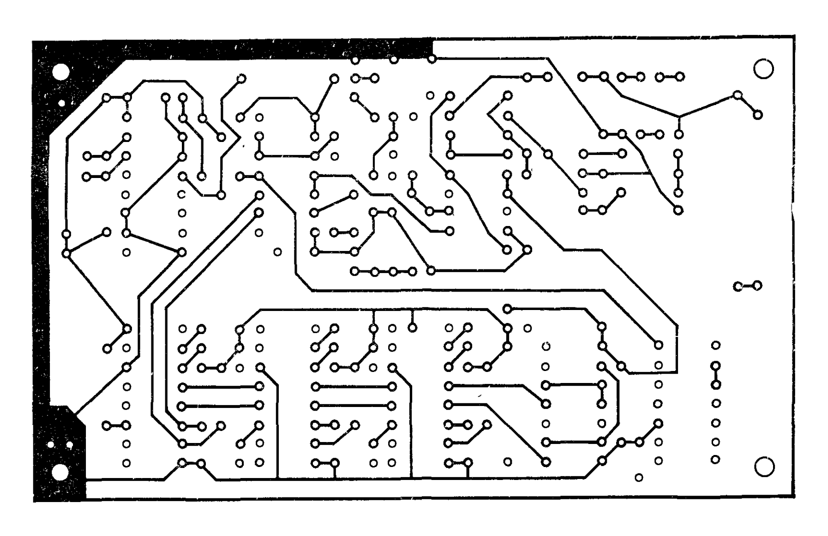


Рис. 170. Печатная плата с обратной стороны

и входном напряжении 8 ... 14 В. Схема стабилизатора на микросхеме К142ЕН5А приведена на рис. 172. В качестве радиатора использована крышка корпуса с габаритными размерами 115×75×2 мм.

Правильно собранный октан-корректор налаживания не требует. Проверить его работоспособность можно следующим образом. К входу октан-корректора подключают контакты герконового реле, обмотка которого запитывается от генератора низкой частоты. Следует помнить, что частота срабатывания контактов реле будет в два раза больше частоты генератора, так как реле срабатывает

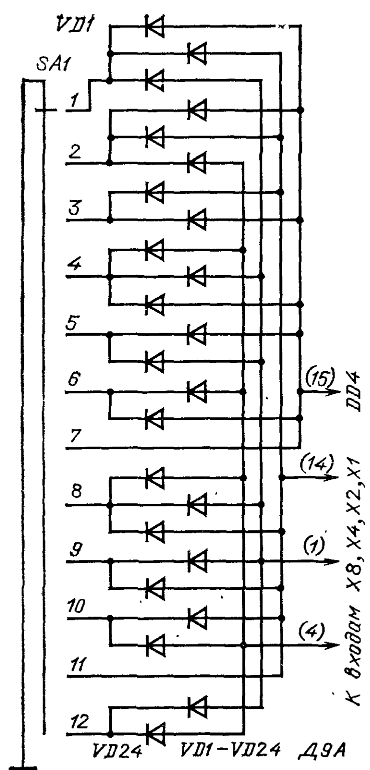


Рис. 171. Схема диодного шифратора

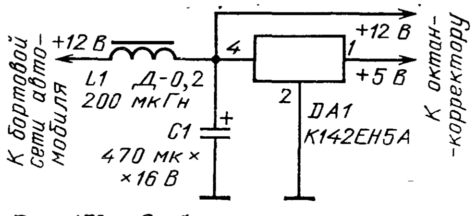


Рис. 172. Стабилизатор октан-корректора

на каждую полуволну. Если выходного напряжения генератора недостаточно для срабатывания реле, его включают через транзисторный ключ. Один контакт реле подключают к общему проводу, другой — ко входу октан-корректора, т. е. имитируется прерыватель. Выход октан-корректора через резистор 100 Ом ... 1 кОм мощностью 2 Вт подключают к выходу +12 В источника питания и к входу осциллографа. Развертка осциллографа ждущая, синхронизация внешняя, сигнал на запуск развертки берется со входа октан-корректора. Переключатель SA2 должен находиться в положении ВКЛ, SA1 — в верхнем по схеме положении. На экране осциллографа должен наблюдаться положительный импульс амплитудой +12 В. При смещении движка галетного переключателя SA1 вниз по схеме импульс на экране осциллографа должен смещаться вправо. При выключении октан-корректора выключателем SA2 импульс должен перемещаться в крайнее левое положение. Расстояние между импульсами на экране осциллографа соответствует углу 180°, а смещение импульса вправо относительно выключенного положения соответствует углу задержки. При увеличении частоты генератора импульсы должны смещаться влево по экрану, т. е. время задержки должно уменьшаться обратно пропорционально частоте. При наличии цифрового частотомера угол задержки можно измерить точно. Для этого вход частотомера подключают к выходу микросхемы DD2.1. Период следования импульсов в этой точке соответствует частоте входных импульсов, а их длительность равна времени задержки. Следовательно, угол задержки будет равен $\alpha_{зад}=180°\tau/T$, где T и τ — период и длительность импульсов на выходе 3 микросхемы DD2.1.

Диапазон регулирования октан-корректором можно увеличить вдвое, переключив вход 10 микросхемы DD2.3 с выхода 4 на выход 2 микросхемы DD8. Шаг регулирования при этом возрастает до 2,8°. Частоту генератора следует уменьшить до 300 кГц, увеличив емкость конденсатора C1 до 5100 пФ.

На автомобиле вход октан-корректора подключается к прерывателю, а выход — к блоку электронного зажигания двойным экранированным проводом. Оплетку можно использовать в качестве общего провода. Питание на октан-корректор желательно подать непосредственно с клемм электронной системы

зажигания. Конденсатор, установленный на распределителе, необходимо исключить. Установив переключатель SA1 в верхнее по схеме положение и, включая и выключая электронный октан-корректор переключателем SA2, убеждаются, что заметного влияния на холостом ходу на работу двигателя это не оказывает. При смещении движка переключателя SA1 вниз по схеме, частота вращения двигателя должна немного падать, так как зажигание становится более поздним. Затем выключив электронный октан-корректор, механическим октан-корректором устанавливают начальный момент зажигания немного раньше, чем это нужно для ненагруженного автомобиля, заправленного соответствующим бензином. Если, например, начальная установка зажигания будет +15°, то диапазон регулирования электронным октан-корректором составит —1,6 ... +15°. После этого на ходу с помощью электронного октан-корректора добиваются, чтобы при скорости 50...60 км/ч на прямой передаче детонационные сутки исчезали сразу после резкого нажатия на педаль акселератора.

Описанный октан-корректор эксплуатируется на автомобилях М2140 и ВАЗ-2106. Замечаний к работе нет.

В заключение можно отметить, что возможности данного устройства не исчерпываются только функциями октан-корректора. Если реверсивный счетчик заполнять в течение одного цикла сначала частотой F1, а затем F2, причем F1<F2, то угол запаздывания на начальном участке будет уменьшаться, а угол опережения зажигания увеличиваться с ростом оборотов двигателя. Такое устройство может полностью заменить центробежный регулятор.

КВАЗИСЕНСОРНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Для управления различными устройствами широко применяются кнопочные переключатели П2К. Эти переключатели, как, впрочем, и любые другие механические, имеют тот недостаток, что все коммутируемые цепи приходится собирать в одном месте, что неудобно при монтаже и нередко затрудняет проектирование и настройку устройств из-за взаимных наводок коммутируемых цепей. Поэтому часто применяют дистанционное переключение с помощью реле, МОП-транзисторов или других электронных ключей. Применение цифровых микросхем в таких переключателях облегчает обеспечение блокировки от неправильного порядка включения переключателей, введение необходимых задержек при исполнении различных команд и других удобств в управлении устройствами, в частности магнитофонами.

Рассмотрим возможные варианты построения электронных переключателей, управляемых от механических контактов, — квазисенсорных переключателей.

В радиолюбительской практике широко применяются кнопки с самофиксацией. Электронным эквивалентом такой кнопки является триггер со счетным входом. При поступлении на его вход импульса триггер меняет свое состояние на противоположное, при подаче следующего — восстанавливает исходное состояние. Однако непосредственная подача импульсов на счетный вход с контактов кнопки невозможна из-за дребезга контактов, заключающегося в их многократном замыкании и размыкании в момент переключения. Широко известным средством борьбы с дребезгом является использование статического триггера и кнопок с переключающим контактом (рис. 173,*а*). В исходном со-

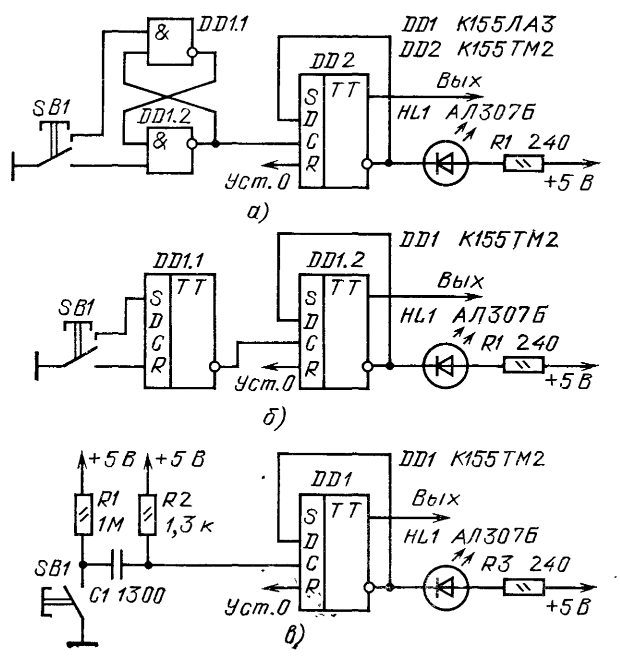


Рис. 173. Переключатели с самофиксацией

стоянии на выходе элемента DD1.1 лог. 1, на выходе DD1.2 — лог. 0. При нажатии кнопки SB1 первое же касание подвижным контактом нижнего по схеме неподвижного переключает триггер DD1.1, DD1.2, и при дальнейшем дребезге триггер состояния не меняет. В момент его переключения фронт импульса с выхода DD1.2 переключает счетный триггер DD2 в противоположное состояние. При отпускании кнопки SB1 триггер DD1.1, DD1.2 переключается в исходное состояние, триггер DD2 своего состояния не меняет. При повторном нажатии на кнопку триггер DD2 переключается в исходное состояние.

Для индикации состояния счетного триггера используется светодиод HL1. Выходной сигнал для управления может быть снят с любого плеча триггера. В качестве счетного триггера может быть использована микросхема К155ТВ1, но для того, чтобы переключение происходило в момент нажатия на кнопку, а не отпускания, необходимо подключить счетный вход К155ТВ1 к выходу DD1.1.

Если в устройстве переключателей с самофиксацией немного, в качестве статического триггера можно использовать триггер микросхемы К155ТМ2 (рис. 173,*б*), но это несколько увеличит потребляемую мощность и стоимость.

Переключатели по схемам рис. 173,*а* и *б* удобны тем, что не требуют навесных элементов, однако кнопка, используемая в них, должна иметь переключающий контакт. Если использование такой кнопки нежелательно, можно использовать схему рис. 173,*в*. В переключателе по этой схеме для подавления дребезга используется цепь R1C1R2. В исходном состоянии на обеих обкладках конденсатора C1 напряжение +5 В, он разряжен. В момент замыкания контактов кнопки SB1 с правой обкладки конденсатора напряжение 0 В подается на счетный вход триггера DD1, и начинается заряд конденсатора по цепи

R2C1SB1. Через 200...300 нс конденсатор C1 зарядится до напряжения +5 В. В результате на входе C триггера сформируется короткий импульс отрицательной полярности, спадом которого триггер переключится в противоположное состояние. При последующих замыканиях и размыканиях кнопки из-за дребезга переключения триггера не произойдет, так как при разомкнутом состоянии кнопки постоянная времени перезаряда конденсатора определяется произведением R1C1 и значительно превышает время дребезга контактов.

При размыкании контактов SB1 конденсатор разрядится через резистор R1, после чего переключатель будет подготовлен к следующему переключению.

Для обеспечения исходного состояния триггеров переключателей необходимо их входы R подключить к источнику сигнала сброса, которым может быть конденсатор C1 на схеме рис. 174.

Несложно решается задача построения переключателя, в котором требуется одновременное или последовательное включение нескольких кнопок и их общий сброс (рис. 175). Каждый из статических триггеров может быть включен соответствующей кнопкой, общий сброс осуществляется кнопкой SBL. Если важно, чтобы при одновременном нажатии на любую из кнопок и кнопку сброса выходные сигналы переключателя не выдавались, необходимо их снимать с нижних по схеме плеч триггеров. Диод VD1 необходим для развязки, если от схемы сброса сигнал подается и на другие триггеры устройства.

Схема переключателя с взаимовыключением кнопок приведена на рис. 176,*а*. В исходном состоянии конденсатор C1 разряжен, транзистор VT2 закрыт, на выходе DDK.4 — лог. 1. Если нажать на одну из кнопок, например SB1, разряженный конденсатор будет подключен ко входу триггера DD1.1, DD1.2 и триггер переключится в состояние, при котором на выходе DD1.1 лог. 1, на выходе DD1.2 — лог. 0. Конденсатор C1 начнет заряжаться через резистор R8. Когда напряжение на нем достигнет 0,7 В, включится транзистор VT1. Плавный спад напряжения с его коллектора переключит триггер Шмитта DDK.3, DDK.4. Крутой спад напряжения с его выхода, пройдя через дифференцирующую цепочку C2R5R6, в виде импульса отрицательной полярности длительностью около 500 нс поступит на входы сброса всех триггеров и установит их в исходное состояние. Однако напряжение на конденсаторе C1 еще будет ниже порога переключения элемента DD1.1 и триггер останется во включенном состоянии. Через 1...2 мс конденсатор C1 зарядится примерно до половины напряжения питания. Если теперь нажать еще какую-либо кнопку, никаких изменений в состояниях триггеров не произойдет, так как напряжение на C1 превышает порог переключения триггеров.

Выходной сигнал на нижних по схеме плечах триггеров имеет «просечки» в момент формирования импульса сброса и при повторных нажатиях на одну и ту же кнопку, поэтому, если управляемые цепи чувствительны к таким просечкам, выходной сигнал следует снимать только с верхних плеч триггеров.

К сожалению, такой переключатель имеет недостаток, аналогичный недостатку переключателей П2К, — если строго одновременно нажать две кнопки, возможно включение двух триггеров. Вероятность такого одновременного включения мала, но она существует. Избежать одновременного включения триггеров можно, использовав кнопки с переключающими контактами (рис. 176,*б*).

Рис. 174. Цепь начальной установки

Рис. 175. Переключатель с общим сбросом

Рис. 176. Переключатель с взаимовыключением

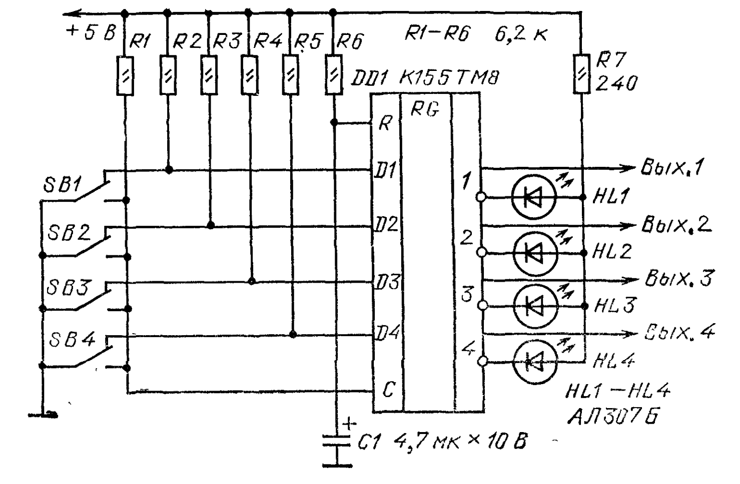


Рис. 177. Переключатель с взаимовыключением на микросхеме К155ТМ8

Можно построить несложный переключатель с взаимовыключением, использовав микросхему К155ТМ8 (рис. 177). При включении питания все триггеры микросхемы с помощью цепи R6C1 устанавливаются в 0. Если нажать теперь, например, кнопку SB1, вначале на входе D1 появится лог. 1, затем на входе C лог. 0. При первом размыкании из-за дребезга нижнего по схеме контакта кнопки SB1 изменением сигнала с лог. 0 на лог. 1 на входе C лог. 1 со входа D1 микросхемы запишется в первый триггер микросхемы, на вых. 1 появится лог. 1, включится светодиод HL1. Если нажать любую другую кнопку при нажатой SB1, ничего не изменится, однако при поочередном отпускании кнопок в момент отпускания последней включится триггер, соответствующий последней отпущенной кнопке. В принципе и в этом переключателе возможно одновременное появление двух выходных сигналов при одновременном нажатии или одновременном отпускании двух кнопок.

В переключателе возможно применение триггеров микросхемы К155ТМ2.

Радикальным средством для построения переключателей с гарантированным появлением сигналов только на одном выходе является применение в них микросхемы К155ИВ1.

На рис. 178 приведена схема переключателя на восемь положений с использованием указанной микросхемы. Переключатель работает следующим образом. Если ни одна из кнопок не нажата, на выходах 1, 2, 4 и G микросхемы DD1 — лог. 1. При нажатии на любую из кнопок на выходах 1, 2, 4 появляется инверсный код, соответствующий номеру нажатой кнопки, а на выходе G — лог. 0. При отпускании кнопки положительный фронт с выхода G DD1, поступая на вход C DD2, производит запись кода в триггеры этой микросхемы. С инверсных выходов DD2 прямой код поступает на входы дешифратора DD3, и на его выходе, соответствующем нажимавшейся кнопке, появится лог. 0. Так работал бы переключатель, если бы не было дребезга контактов кнопки. При наличии дребезга, а он всегда есть у механических контактов, запись кода произойдет по первому размыканию из-за дребезга контактов нажатой кнопки. Внешне это будет выглядеть как срабатывание в мо-

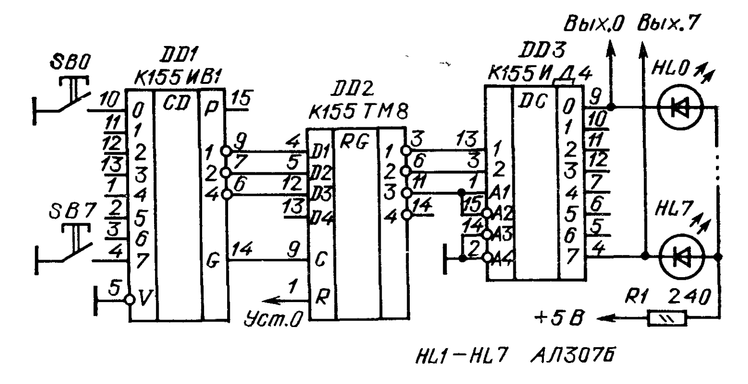


Рис. 178. Переключатель с использованием микросхемы К155ИВ1

мент нажатия кнопки. Дальнейший дребезг не повлияет на результат записи.

Если нажать вначале одну кнопку, затем, не отпуская ее, вторую, вначале запишется код первой кнопки. Нажатие второй ничего не изменит, так как сигнал на выходе G DD1 не изменится. В момент отпускания одной из нажатых кнопок также ничего не изменится, но в момент отпускания второй кнопки в триггеры DD2 запишется код второй кнопки.

Поэтому на выходе всегда может появиться только один сигнал, соответствующий последней отпущенной кнопке. Если же представить себе строго одновременное отпускание кнопок, запишется код, соответствующий кнопке с большим номером, что определяется приоритетными свойствами микросхемы К155ИВ1.

Рис. 179. Переключатель с взаимовыключением на 16 положений

Если вход R микросхемы DD2 подключить к выходу формирователя сброса (рис. 174), при включении питания все триггеры DD2 установятся в 0, на инверсных выходах DD2 будут лог. 1 и сигнал появится на выходе 7 переключателя.

Микросхемы К155ИВ1, как указывалось в первом разделе книги, допускают каскадное соединение. На рис. 179 приведена схема переключателя на 16 положений. Вход разрешения V микросхемы DD2 соединен с общим проводом, что разрешает работу DD2. Если не нажата ни одна из кнопок SB8—SB15, на выходе переноса P DD2 — лог. 0 и разрешена также работа DD1. Если нажать любую из кнопок SB8—SB15, на выходах 1, 2, 4 DD2 появится инверсный код номера нажатой кнопки, который пройдет через элементы DD3.2—DD3.4 на входы 1, 2, 4 DD4, на вход 8 DD4 поступит лог. 1 с выхода G DD1, которая является старшим разрядом кода номера кнопки. Сигнал лог. 1 с выхода переноса P DD2 поступит на вход разрешения DD1, запретит ее работу, пройдет на выход P DD1, проинвертируется в DD3.1 и придет на вход C микросхемы DD4.

В момент размыкания контактов кнопки на выходе P появится лог. 0, на входе C DD4 — лог. 1 и код нажатой кнопки запишется в DD4.

Если будет нажата одна из кнопок SB0—SB7, работа будет проходить так же, но на выходе G DD1 будет лог. 0, который и определит старший разряд кода. Поскольку в DD4 использованы прямые выходы, при подаче питания появится сигнал на выходе 0 переключателя.

Можно построить переключатель на 64 кнопки, используя лишь две микросхемы К155ИВ1. Схема его приведена на рис. 180. При нажатии любой из кнопок SB0—SB63 лог. 0 приходит на один из входов DD1 и на ее выходах 1, 2, 4 образуются три младших разряда инверсного кода. Кроме того, входным током микросхемы DD1 включится один из транзисторов VT1—VT7 и на одном из входов DD2 также появится лог. 0, на ее выходе появятся старшие разряды инверсного кода. В момент размыкания контактов кнопки положительный перепад с выхода микросхемы DD1 поступит на входы C триггеров DD3 и DD4 и код нажатой кнопки запишется в них. С выходов DD3, DD4 код поступит на дешифратор.

Для входа 0 DD2 транзистор не нужен, так как выходы 1, 2, 4 этим входом не управляются.

Если нажать две или более кнопок, работа переключателя будет проходить так же, как и работа переключателя рис. 178, — при первом нажатии на выходе появится сигнал, соответствующий первой кнопке, дальнейшие нажатия кнопок не изменят кода на выходах DD3, DD4 в момент отпускания последней кнопки появится ее код.

В переключателе, собранном по схеме рис. 179, а также при неудачном сочетании задержек в переключателях по схемам рис. 179 и 180, для временного согласования сигналов может потребоваться подключение конденсаторов в несколько сотен пикофарад между входами D1—D8 триггеров и общим проводом.

Если кнопки переключателей подключены ко входам микросхем проводниками длиной более 50 ... 100 мм, в схемах рис. 173,*а*,*б*, рис. 175, рис. 178—180 необходимо включение резисторов 2 ... 5,1 кОм между входами этих микросхем и цепью +5 В. Обязательно также включение керамических блокировочных

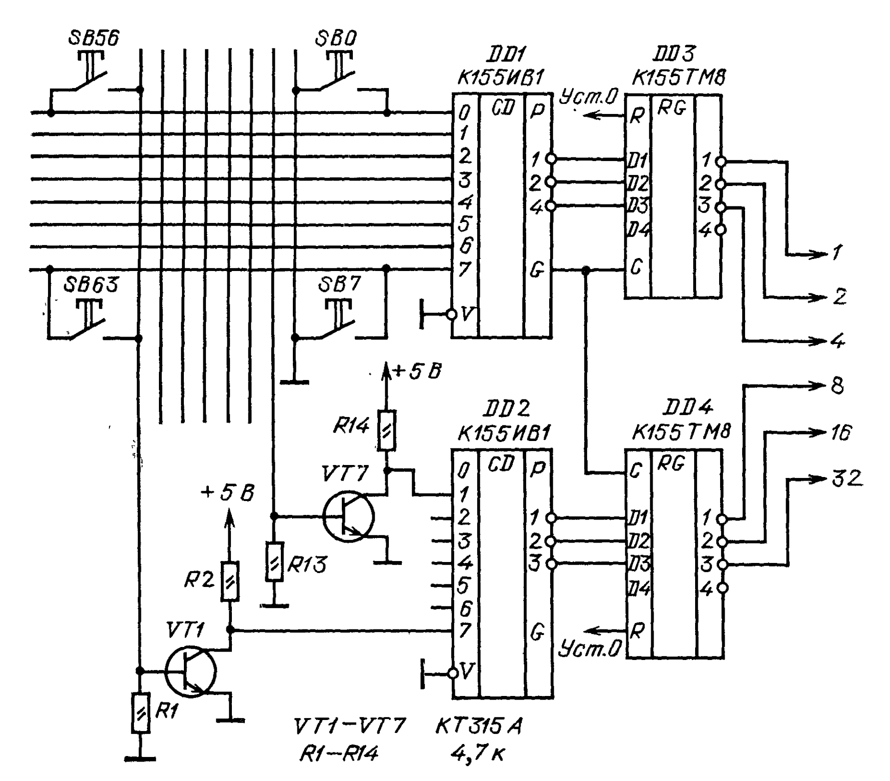


Рис. 180. Переключатель на 64 положения

конденсаторов между цепью +5 В и общим проводом — по одному конденсатору 22 ... 47 тыс. пФ на каждые две — три микросхемы.

Квазисенсорные переключатели, использующие микросхему приоритетного шифратора К155ИВ1, просты и удобны. При отсутствии микросхемы переключатели удобно собирать, используя динамический опрос кнопок с помощью мультиплексора или дешифратора.

На рис. 181 приведена схема квазисенсорного переключателя с мультиплексором. На микросхеме DD1 собран генератор, работающий на частоте около 20 кГц. Генератор использует два элемента Исключающее ИЛИ микросхемы К155ЛП5. Элемент DD1.1 работает как повторитель входного сигнала и охвачен положительной обратной связью через конденсатор С2. Элемент DD1.2 — управляемый. При лог. 1 на выводе 5 он работает как инвертор, в результате чего резистор R1 осуществляется отрицательная обратная связь и обеспечивается генерация импульсов. При лог. 0 на выводе 5 элемент DD1.2 переходит в режим повторителя, обратная связь через резистор R1 становится положительной, и элементы микросхемы образуют триггер. На выходе DD1.1 фиксируется тот сигнал, который был на нем в момент подачи лог. 0 на вывод 5 элемента DD1.2.

Если ни одна из кнопок SB1—SB8 не нажата, на всех входах D0—D7 мультиплексора DD3 лог. 1, такой же сигнал на его выходе, выходе элемента

Рис. 181. Переключатель на 8 положений с мультиплексором

DD4.2 и выводе 5 элемента DD1.2. Импульсы с выхода генератора поступают на вход C1 счетчика DD2, выходные сигналы счетчика поступают на адресные входы мультиплексора DD3 в результате чего на выход DD3 поочередно поступают сигналы с его входов D0—D7.

Если теперь нажать любую из кнопок в тот момент, когда код на выходе счетчика DD2 будет соответствовать номеру нажатой кнопки, на выходе мультиплексора появится лог. 0, который включит цепь подавления дребезга, собранную на элементах DD4.1, DD4.2, R11, C3 (рис. 182). На выходе элемента DD4.2 появится лог. 0, который остановит работу генератора DD1.1, DD1.2. Положительная обратная связь через конденсатор C3 будет удерживать лог. 0 на время дребезга контактов кнопки. На выходах счетчика DD2 зафиксируется код, соответствующий нажатой кнопке. Сигнал лог. 1 с выхода элемента DD4.3 запишет этот код в микросхему DD5, в результате его дешифрации на соответствующем выходе микросхемы DD6 появится лог. 0. При отпускании кнопки лог. 1 на входе 1 DD4.1 появится с задержкой на время окончания дребезга. Эта задержка определяется постоянной времени R11C3. После появ-

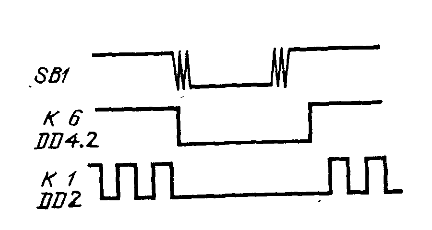


Рис. 182. Временные диаграммы цепи подавления дребезга

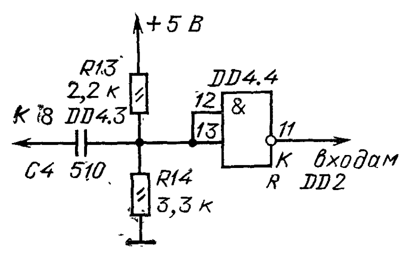


Рис. 183. Дифференцирующая цепь

ления лог. 1 на выводе 5 элемента DD1.2 возобновятся генерация и последовательный опрос кнопок. Первая смена кода на выходе счетчика DD2 после окончания импульса на входе DD5 произойдет спустя время, примерно равное периоду колебаний генератора, поэтому запись кода нажатой кнопки в DD5 произойдет совершенно однозначно. Стабилитрон VD2 обеспечивает быстрое восстановление цепи подавления дребезга после отпускания кнопки. Стробирование мультиплексора DD3 по входу A тактовыми импульсами генератора обеспечивает возможность запуска цепи подавления дребезга лишь при лог. 0 на входе C2 DD2. Даже если замыкание контактов кнопки произойдет непосредственно перед переходом на входе C2 счетчика из лог. 0 в лог. 1 и этот переход произойдет, код в микросхему DD5 будет записан правильно.

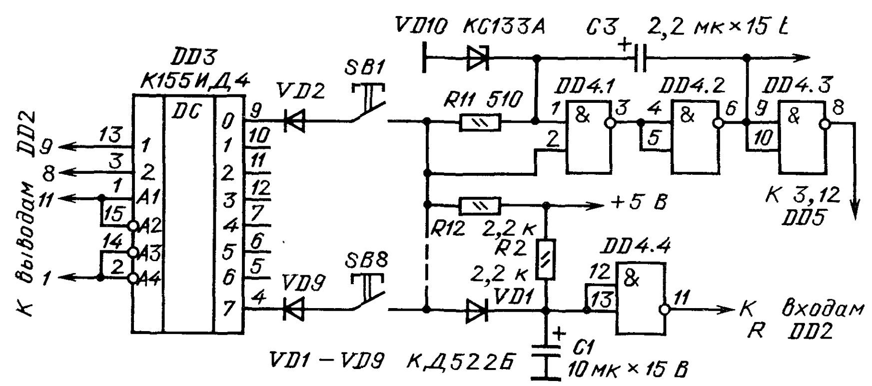


Рис. 184. Переключатель с дешифратором

Рис. 185. Переключатель на 64 положения

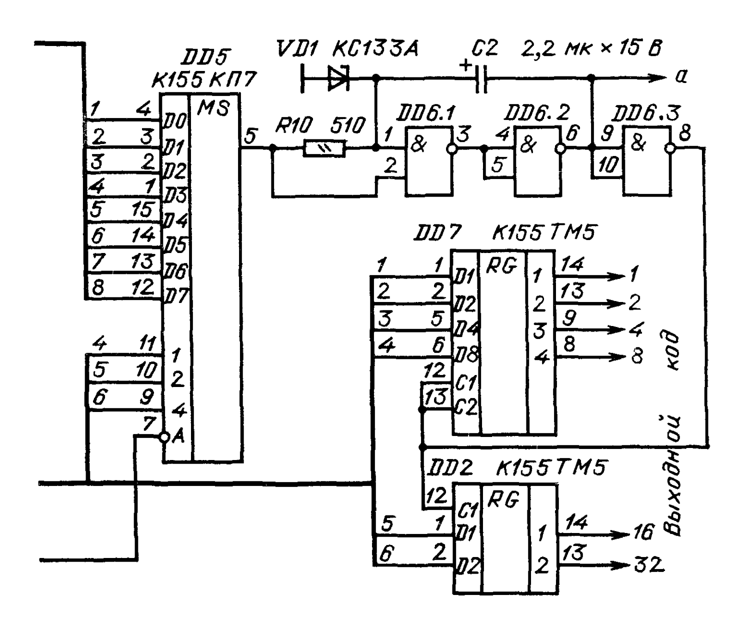
Если при нажатой кнопке будет нажата еще одна кнопка, выходной код не изменится, так как опрос кнопок остановлен. Однако после отпускания первой кнопки опрос возобновится и в микросхему DD5 будет записан код второй кнопки, он останется в DD5 и после ее отпускания.

Если после нажатия одной кнопки нажать еще две, то после отпускания первой кнопки выходной код будет определяться одной из двух кнопок, которые еще нажаты, какой именно — зависит от взаимного расположения кнопок. Если необходимо обеспечить приоритет кнопок между собой, можно ввести дифференцирующую цепь (рис. 183), обеспечивающую обнуление счетчика DD2 каждый раз в момент окончания импульса, генерируемого цепью подавления дребезга, в результате чего опрос каждый раз будет осуществляться, начиная с кнопки SB1.

Цепь C1R2VD1 служит для записи кода кнопки SB1 в момент включения питания, она имитирует кратковременное нажатие кнопки SB1 в момент включения.

Мультиплексор DD3 может быть заменен на дешифратор. Фрагмент такой схемы рис. 181 приведен на рис. 184. Опрос кнопок производится выходными сигналами дешифратора DD3 через диоды VD2—VD9. Диоды необходимы для исключения замыкания выходов дешифратора DD3 между собой при одновременном замыкании кнопок. При использовании в качестве DD3 микросхемы К155ИД10, имеющей выходы с «открытым» коллектором, диоды VD2—VD10 не нужны.

Начальная установка кода осуществляется с помощью цепи C1R2VD1. Эта цепь обеспечивает обнуление счетчика DD2 в момент включения питания через инвертор DD4.4 и запись кода 000 в микросхему DD5. Диод VD1 обеспечивает импульс обнуления на входах R DD2 более длинный по сравнению с импульсом записи в DD5 на выходе цепи подавления дребезга. Если необходимо



совместить схемы рис. 151 и 152, входы элемента DD4.4 можно использовать раздельно — один для подключения цепи C1R2, другой — для C4R13R14.

Для увеличения числа кнопок переключателя до 16 можно использовать мультиплексор К155КП1 или дешифратор К155ИД3, для большего числа кнопок удобно использовать их матричное соединение. Вариант переключателя с зависимой фиксацией на 64 кнопки приведен на рис. 185. Сигнал с управляемого генератора, собранного на микросхеме DD1 (см. рис. 181), поступает на вход шестиразрядного счетчика, собранного на микросхемах DD2 и DD3. Управление с первых трех разрядов счетчика подается на входы дешифратора DD4, в результате чего на его выходах 0—7 поочередно появляется лог. 0.

С трех следующих разрядов счетчика управление подается на мультиплексор DD5 и один раз на 8 входных импульсов переключается вход мультиплексора, с которого на его выход передается сигнал. В результате за 64 тактовых импульса генератора опрашиваются поочередно все кнопки, начиная с SB1 и кончая SB64.

Работа такого переключателя происходит так же, как и устройства на рис. 181. Если нажаты две кнопки и отпускается одна из них, на выходе появится код второй кнопки. Если нажаты три кнопки и отпускается одна из них, на выходе так же, как и для схемы рис. 181, появится код одной из оставшихся кнопок. Для обеспечения приоритета среди них можно воспользоваться дифференцирующей цепью по схеме рис. 183. Лишь в том случае, когда были нажаты четыре или более кнопок, в момент отпускания одной из них может появиться код, не соответствующий ни одной из нажатых кнопок. Чтобы исключить возможность появления такого кода, необходимо последовательно с каждой кнопкой включить диод. Для начальной установки кода при включении питания в схему следует включить элементы R2, VD1, C1, DD4.4 из схемы рис. 184, но анод диода VD1 подключить ко входу D0 микросхемы DD5.

ГЕНЕРАТОРЫ ДЛЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Генератор для настройки музыкальных инструментов

Описываемый генератор позволяет получать на выходе сигнал с частотой, соответствующей любой ноте от контроктавы до пятой октавы.

Частота каждой ноты может быть установлена как точно в соответствии с хроматической гаммой, так и с поправкой до ±50 центов относительно этого значения, что позволяет настраивать инструменты по любой зависимости, в том числе и в соответствии с кривыми Мейнеля и Рейнсбека. Выбор частоты осуществляется тремя переключателями — «Октава», «Нота», «Поправка». Дискретность установки частоты —1 цент, ошибка в любой точке не превышает ±0,6 цента. Выходной сигнал генератора — меандр в уровнях ИС ТТЛ.

Схема генератора приведена на рис. 186. Задающий генератор собран на элементе DD1.1 и кварцевом резонаторе Z1 на частоту 10 МГц. Через буферный каскад DD1.2 сигнал поступает на преобразователь частоты на интегральных микросхемах DD2 и DD3 типа К155ИЕ8. Выходная частота преобразователя в зависимости от сочетания сигналов, подаваемых на входы X1—X32 DD2 и DD3, может составлять от 1/4096 до 4095/4096 входной частоты.

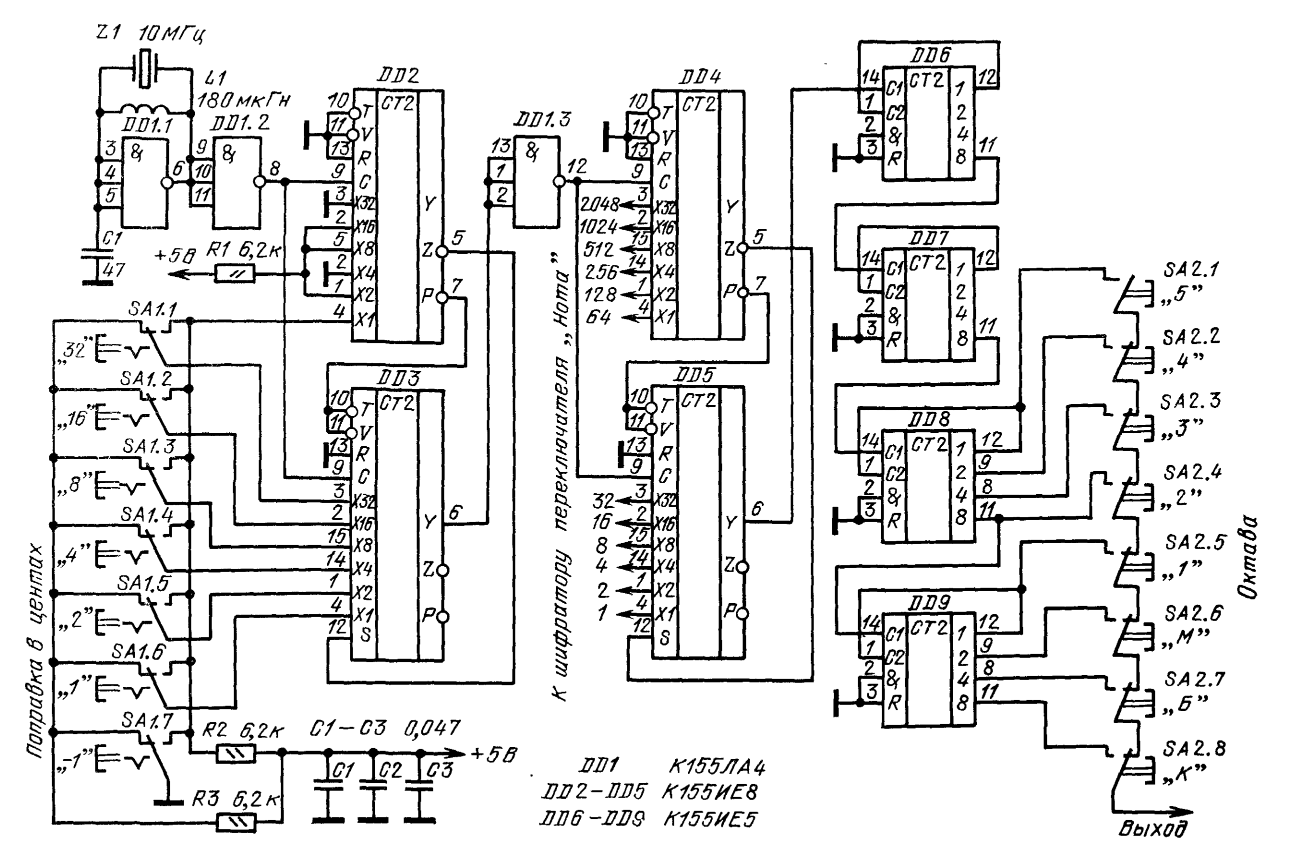


Рис. 186 Генератор для настройки музыкальных инструментов

На входы X32 и X4 DD2 постоянно подан лог. 0, лог. 1 — на входы X16, X8, X2, а также при показанном на схеме положении переключателя SA1.7 и на вход X1. При выключенных SA1.1—SA1.6 на входы X1—X32 DD3 также поступает уровень лог. 0. В результате частота на выходе DD3 составляет (64+128+512+1024)/4096=1728/4096 от входной частоты. При включении SA1.6 коэффициент передачи DD2, DD3 увеличивается до (1728+1)/4096 от входной частоты. Относительное изменение выходной частоты составит 1729/1728= =1,000 578 7, что очень близко к $\sqrt[1200]{2}$, т. е. к изменению частоты на 1 цент. Напомним, что относительное изменение частоты на один полутон составляет $\sqrt[2]{2}$, а на один цент — $\sqrt[1200]{2}$. Включение переключателя SA1.5 увеличит частоту на 2 цента, SA1.4 — на 4 и т. д. Совместное включение нескольких переключателей увеличивает частоту на суммарную величину. В результате включением шести переключателей SA1.1—SA1.6 можно увеличить частоту на 63 цента.

Если включить SA1.7 при выключенных остальных переключателях, сигналы на входах X1—X32 DD3 и на входе X1 DD2 изменяется на противоположные, суммарное изменение частоты составит 1+2+4+8+16+32—64=—1 цент. Теперь включение SA1.6 будет уменьшать выходную частоту на 1 цент, включение SA1.5 — на 2 цента и т. д., т. е. включение SA1.7 изменяет знак воздействия SA1.1—SA1.6. В результате соответствующим включением переключателей SA1.1—SA1.7 выходную частоту преобразователя DD2, DD3 можно изменять на —64 ... +63 цента. Указанная выше точность 0,6 цента выдерживается при введении поправки, не превышающей 50 центов.

Номинальная частота сигнала на выходе DD2, DD3 составляет 1728/4096× ×10 МГц=4 218 750 Гц. Этот сигнал через буферный инвертор поступает на вход еще одного преобразователя частоты на микросхемах DD4 и DD5. Управление коэффициентом передачи этого преобразователя осуществляется шифратором переключателя Нота. Каждой ноте соответствует определенный двоичный 12-разрядный код, подаваемый на входы X1—X32 DD4—DD5. Для примера рассмотрим формирование сигнала с частотой ноты до. Для этой ноты код шифратора составляет 1 000 0010 $0001_2=2081_{10}$. Коэффициент передачи

Таблица 9

Нота	$512 \times f_5$, Гц	K	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	Δf/f, %
До	2 143 237	2081	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,006
До-диез	2 270 680	2205	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0,018
Ре	2 405 702	2336	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0,013
Ре-диез	2 548 752	2475	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0,016
Ми	2 700 309	2622	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0,010
Фа	2 860 878	2778	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0,013
Фа-диез	3 030 994	2943	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0,007
Соль	3 211 227	3118	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0,007
Соль-диез	3 402 176	3303	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0,006
Ля	3 604 480	3500	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0,011
Ля-диез	3 818 814	3708	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0,008
Си	4 045 892	3928	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0,004

делителя составит 2081/4096=0,50805664, а выходная номинальная частота преобразователя DD4, DD5 — 4 218 750×0,50805664=2 143 364 Гц.

Эта частота поступает на двоичный делитель частоты. На выходе 12 DD8 частота уменьшится в $2^9=512$ раз и составит 4186,26 Гц, что соответствует 5-й октаве с точностью до 0,25 Гц. Ошибка в 0,25 Гц составляет $6\cdot10^{-5}$ от точного значения, или приблизительно 0,1 цента.

Коды шифратора К для всех 12 нот приведены в табл. 9, там же указаны относительные отклонения $\Delta f/f$ получаемых частот от точного значения.

На других выходах ИС DD8, DD9 формируются частоты остальных октав, вплоть до контроктавы. Выбор нужной октавы осуществляется переключателем SA2. Схема соединения его контактов исключает замыкание выходов микросхем DD8, DD9 между собой при случайном включении двух кнопок.

Если в генератор установить кварцевый резонатор с частотой 5 МГц, на выходе 8 DD9 можно получать частоты субконтроктавы, а частоты 5-й октавы — на выходе 11 DD7. Такой же результат можно получить, добавив в схему генератора еще один счетный триггер между выходом 6 DD5 и входом 14 DD6.

Нетрудно видеть, что генератор вообще некритичен к исходной частоте. Практически возможно использование кварцевого резонатора на частоту от 1 до 15 МГц, необходимо лишь заново рассчитать коды шифратора ноты и соответственно изменить число двоичных делителей DD6—DD9. Наиболее удобно использование кварцев с частотой от 9 592 200 до 10 161 000 Гц или с вдвое, или вчетверо, или в 8 раз более низкой частотой. Для них коэффициенты передачи преобразователя DD4, DD5 находятся приблизительно от 0,5 до 1, что обеспечивает максимальную точность формирования выходных частот.

При использовании кварцевых резонаторов с частотой менее 8 МГц может потребоваться изменение схемы кварцевого генератора.

Покажем как рассчитать коды шифратора ноты для произвольной частоты кварца, превышающей 9 592 200 Гц. В табл. 9 приведены значения частот нот 5-й октавы, увеличенные в $2^9=512$ раз, т. е. соответствующие выходной частоте преобразователя DD4, DD5 при частоте кварца, близкой к 10 МГц. Эти частоты следует разделить на номинальную выходную частоту преобразователя DD2, DD3, которая составляет 1728/4096=0,421 875 от частоты кварцевого генератора. В результате получится для каждой ноты коэффициент передачи преобразователя DD4, DD5, его следует умножить на 4096, округлить до ближайшего целого числа и перевести в двоичную форму.

Старший разряд двоичного эквивалента определит сигнал, который необходимо подать на выход 3 DD4 (вход 2048), младший — на вывод 4 DD5 (вход 1). Если частота кварцевого резонатора близка к 10; 5; 2,5 или 1,25 МГц и находится в указанных выше пределах, все коэффициенты передачи, как указывалось выше, заключены в интервале 0,5—1 и в старшем разряде двоичного эквивалента 1, что определяет подачу на вход 2048 лог. 1 независимо от ноты.

Если частота кварцевого резонатора ниже указанной, то ее перед расчетом следует умножить на 2, 4 или 8 так, чтобы она стала больше этого значения. Порядок расчета полностью сохраняется, а из схемы рис. 186 следует исключить соответственно 1, 2 или 3 разряда двоичного делителя.

По полученной таблице двоичных эквивалентов следует составить схему шифратора. Наиболее просто шифратор можно построить, используя переклю-

Рис. 187. Схема шифратора для частоты кварцевого резонатора 10 МГц

чатель П2К с взаимовыключением. Переключатель должен иметь 12 кнопок, каждая по восемь контактных групп на переключение. Если сгруппировать некоторые цепи шифратора, можно уменьшить число контактных групп. Схема шифратора для частоты кварцевого резонатора 10 МГц (естественно, пригодная и для 5; 2,5; 1,25 МГц) приведена на рис. 187. Переключатель этого шифратора использует секции на четыре контактные группы.

При отсутствии переключателей с необходимым числом контактных групп шифратор можно собрать на любых маломощных диодах. Необходимое число диодов соответствует общему числу нулей в двоичных эквивалентах коэффициентов передачи, для частоты кварцевого резонатора 10 МГц необходимо 65 диодов. Фрагмент схемы диодного шифратора приведен на рис. 188.

Переключатель SA1 — П2К с независимой фиксацией, SA2 — П2К с взаимовыключением (см. рис. 186).

Блок питания генератора должен обеспечивать напряжение 5 В при токе 0,6 А.

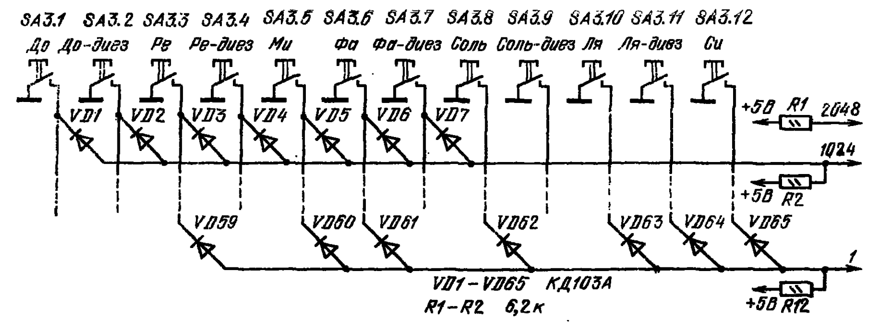


Рис. 188. Схема диодного шифратора

Настройка генератора сводится к точной установке частоты кварцевого генератора подбором C1 и, возможно, конденсатора, дополнительно включенного последовательно с кварцевым резонатором. Правильность формирования частот следует проверить с помощью цифрового частотомера. Контролировать частоты генератора целесообразно на выходе 6 DD5, они должны соответствовать указанным в табл. 9. Если отклонение частоты от необходимого значения превышает 0,025%, допущена ошибка в расчете или монтаже шифратора ноты.

Для настройки музыкальных инструментов не по хроматической гамме для каждой ноты следует вводить поправку, набирая ее на переключателе SA1. График или таблицу зависимости поправки от настраиваемой ноты целесообразно подложить под фальшпанель генератора, выполненную из органического стекла.

Генератор аккордов для ЭМИ

Описываемый генератор аккордов для электромузыкальных инструментов позволяет получать на выходе аккорды мажор, минор, септаккорд нажатием на одну клавишу. Схема генератора приведена на рис. 189.

Входы четырех мультиплексоров DD5—DD8 подключены к выходам соответствующих делителей ЭМИ. Элементы DD1—DD3 образуют шифратор кода 1—2—4—8. При нажатии на любую из кнопок переключателя SB1 на выходе шифратора образуется код, соответствующий нажатой кнопке. При нажатии, например, на кнопку SB1.7 (фа-диез) выключаются элементы DD2 и DD3.1 и на выходе шифратора появляется код 0110. Этот код поступает на адресные входы мультиплексоров DD5 и DD6, и на выходах появляются сигналы со входов 6 этих микросхем — фа-диез 1-й октавы и до-диез 2-й. На входы мультиплексоров DD7 и DD8 тот же код поступает через сумматоры DD9 и DD10. На вторые входы сумматора DD9 может также поступить код $0001_2=1_{10}$ при включении переключателя SA2.1 (мажор) или SA2.3 (септаккорд). На вторые входы DD10 при нажатии SA2.1 (мажор) или SA2.2 (минор) поступит код $0010_2=2_{10}$. Эти коды в сумматорах складываются с кодом с выхода шифратора и, поступая на адресные входы DD7 и DD8, сдвигают номера входов микросхем DD7 и DD8, сигналы с которых поступают на их выходы.

Будем считать для определенности, что включены SA2.1 и SA2.7. В этом случае на входах DD9 присутствуют коды 0110 и 0001, следовательно, на выходе DD9 код суммы — $0111_2=7_{10}$. Этот код определяет прохождение на выход DD7 сигнала со входа 7 этой микросхемы ля-диез 1-й октавы. Аналогично на входах DD10 коды 0110 и 0010, на выходе — $1000_2=8_{10}$. На выход DD8 проходит сигнал со входа 8 этой микросхемы, т. е. фа-диез 2-й октавы. В результате в общей точке соединения резисторов R4—R7 сформируется сложный сигнал, содержащий четыре частоты — фа-диез 1, ля-диез 1, до-диез 2, фа-диез 2, т. е. мажорный аккорд, взятый от ноты фа-диез 1-й октавы. Если включен SA2.2. то выходной сигнал содержит фа-диез 1, ля 1, до-диез 2, фа-диез 2, формируется минорный аккорд от фа-диез 1-й октавы. При включении SA2.3 выходной сигнал состоит из фа-диез 1, ля-диез 1, до-диез 2, ми 2 — септаккорд. Если нажимать другие кнопки переключателя SB1, будут формироваться указанные аккорды, но от других начальных нот первой октавы.

Для управления устройством формирования огибающей можно использовать сигнал с коллектора VT1. Если ни одна из кнопок SB1 не нажата,

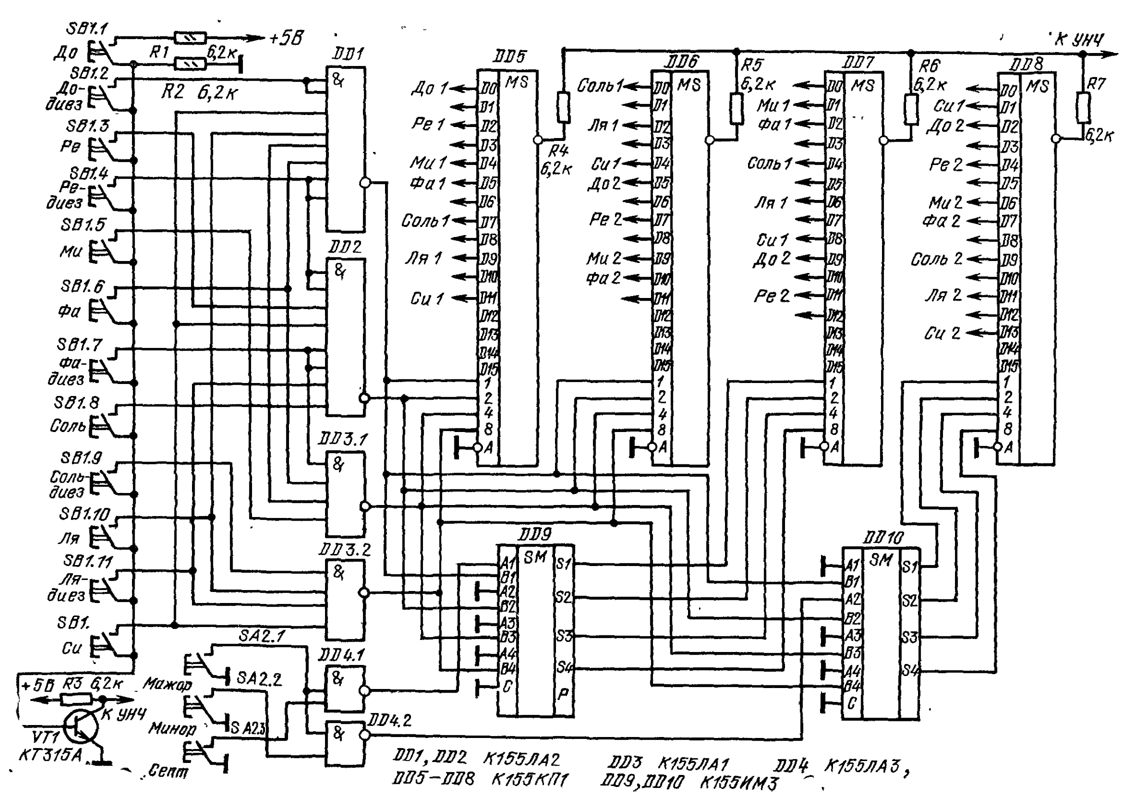


Рис. 189. Схема генератора аккордов

транзистор VT1 закрыт и на его коллекторе напряжение около +5 В. При нажатии любой из кнопок SB1 ток резистора R1 или входной ток микросхем DD1—DD3 включает VT1 и напряжение 0,1 ... 0,2 В с его коллектора, поступая на вход управления УНЧ, включает формирователь огибающей.

Для того чтобы аккорды можно было брать не только от нот 1-й октавы, можно поступить так. Входы, подключаемые по схеме к выходам делителей 1-й октавы, подключить к соответствующим выходам 4-й октавы, подключаемые по схеме к выходам 2-й октавы — к выходам 5-й. Между выходами DD5—DD8 и резисторами R4—R7 включить четыре переключаемых делителя на двух микросхемах К155ИЕ5 каждый. В результате, оперируя тремя переключателями — SB1 — Нота, SA2 — Аккорд и дополнительным переключателем Октава, можно будет взять любой аккорд от любой ноты ЭМИ.

На выходе сумматора схемы рис. 189 скважность импульсов каждой из частот, слагающих аккорд, соответствует скважности импульсов, поступающих на входы мультиплексоров. Если же формирователь дополнить делителями, как указано выше, скважность составляющих импульсов на выходе сумматора станет равной 2, если, конечно, не принять специальных мер.

Другим способом формирования аккордов может служить использование мультиплексоров на большее число входов. При таком способе скважность выходных импульсов будет равна скважности входных, однако схема формирователя, и особенно его монтаж, значительно усложняется.

При монтаже формирователя следует учесть, что в случае, если проводники, соединяющие контакты переключателей SB1 и SA2 с микросхемами DD1 и DD4, будут иметь длину более 100 ... 200 мм, между этими проводниками и плюсом источника питания необходимо включить резисторы сопротивлением 5 ... 10 кОм (аналогично R1), это исключит влияние помех на работу формирователя.

Клавиатура и задающий генератор ЭМИ

Динамический опрос позволяет простыми средствами строить клавиатуру одноголосого электромузыкального инструмента или синтезатора, а использование микросхем К155РЕ3 и К155ИЕ8 — его генератора. На рис. 190 и 191 приведена возможная схема, которая может стать основой генератора синтезатора. Клавиатура на пять октав собрана в матрицу 12×5 клавиш (см. рис. 190). Счетчик DD2 имеет коэффициент пересчета 12 и осуществляет совместно с дешифратором DD4 опрос нот в октавах, а счетчик DD3, имеющий коэффициент пересчета 5, — последовательный опрос октав. Вход счетчика подключен к выходу генератора на микросхеме DD1 схемы рис. 181. При обнаружении нажатой клавиши работа генератора прекращается, на выходах счетчиков DD2 и DD3 фиксируются коды ноты и октавы, а на выходе цепи подавления дребезга появляется лог. 0, являющийся признаком нажатия клавиш. В данной схеме применено стробирование опроса по входам A1 и A2 дешифратора DD4, что приводит к тому же результату, что и стробирование мультиплексора в схеме рис. 181.

Код ноты поступает на входы постоянного запоминающего устройства, выполненного на микросхемах DD9 и DD10 (см. рис. 191). Сигналы с выходов этих микросхем поступают на входы преобразователя частоты, выполненного на микросхемах К155ИЕ8. На вход F преобразователя подается частота

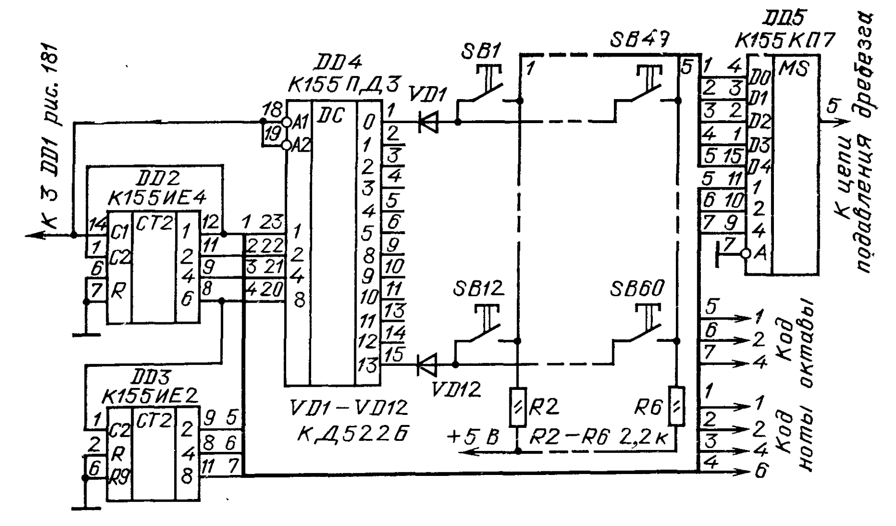


Рис. 190. Схема клавиатуры одноголосого ЭМИ

Рис. 191. Схема генератора одноголосого ЭМИ

10 МГц от задающего генератора синтезатора. С выхода преобразователя частоты сигнал поступает на двоичный делитель частоты на микросхеме DD13, на каждом из выходов которого частота сигнала снижается на одну октаву относительно входа. Выбор октавы производится мультиплексором DD14. С его выхода сигнал с помощью делителя частоты на микросхемах К155ИЕ5 снижается до необходимой звуковой частоты.

Подача сигнала с выхода цепи подавления дребезга на входы сброса микросхем DD11—DD13 и вход стробирования микросхемы DD14 обеспечивает стабильность начальной фазы выходного сигнала относительно момента нажатия на клавишу.

Для записи в ПЗУ следует использовать коды, приведенные в табл. 9. Данными этой же таблицы можно воспользоваться для определения частоты

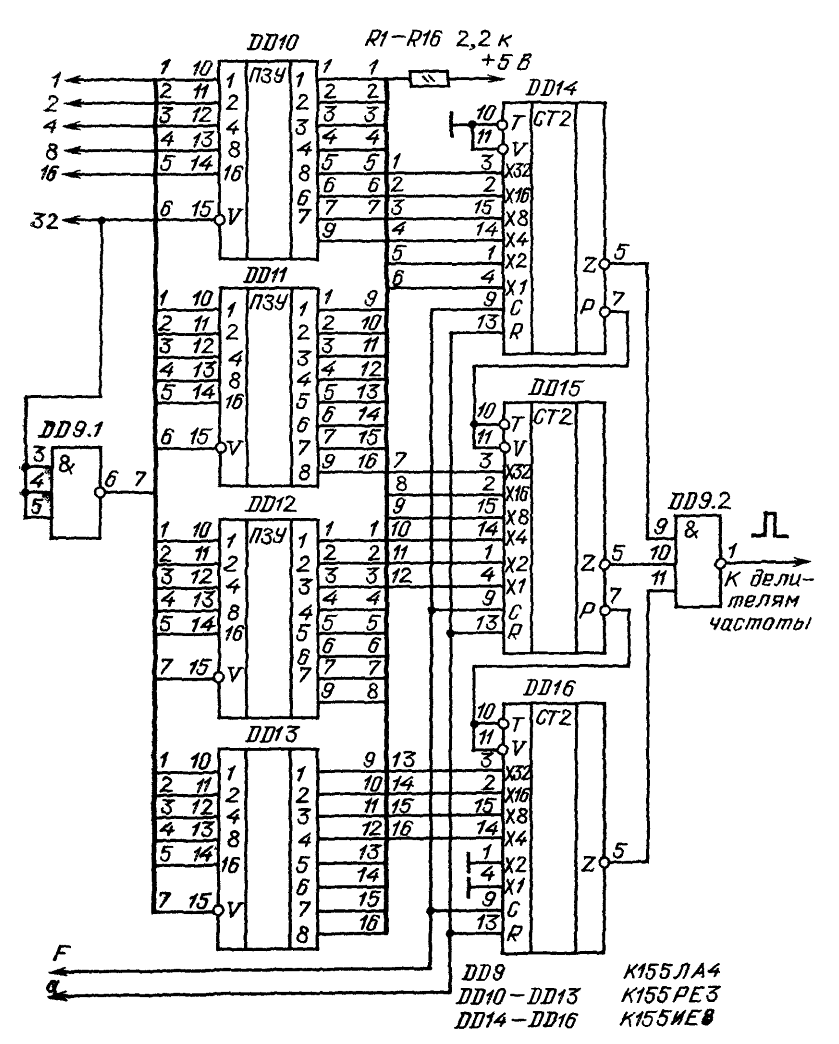


Рис. 192. Генератор одноголосого ЭМИ с произвольным строем

задающего генератора и числа разрядов делителя частоты. Если нет возможности использовать микросхемы К155РЕ3 для построения ПЗУ, можно воспользоваться диодным шифратором, схема которого приведена на рис. 188, подключив входы шифратора вместо кнопок к используемым выходам дешифратора DD4 схемы рис. 190. Число октав можно увеличить, увеличив коэффициент пересчета счетчика DD3 и разрядность делителя частоты DD13.

Используемый метод построения генератора синтезатора характеризуется принципиальной стабильностью строя, определяемой стабильностью задающего генератора, простотой получения частотного вибрато за счет качания частоты задающего генератора, относительной простотой схемы.

Синтезатор, собранный по схемам рис. 190 и 191, имеет темперированный строй. Если строй необходимо построить в соответствии с кривыми Мейнеля и Рейлсбека, объем ПЗУ следует увеличить до 60—64 (по числу нот) 16-разрядных слов, а преобразователь частоты построить на трех микросхемах К155ИЕ8 (рис. 192).

Клавиатуру в этом случае следует собрать по схеме рис. 185, исключив из нее микросхемы DD7 и DD8. Для нот с номером от 0 до 31 на входе 32 схемы рис. 192 лог. 0, и разрешена работа микросхем DD10, DD11. Если нажата клавиша ноты с номером 32 и более, включаются микросхемы DD12, DD13. Шестнадцатиразрядный код с их выходов управляет преобразователем частоты DD14—DD16. Частота сигнала, подаваемого на вход F этого преобразователя, должна быть снижена до 5 МГц.

Микросхемы К155РЕ3 имеют «открытый» коллекторный выход, что позволяет объединять их выходы, но требует также подключения между их выходами и цепью +5 В резисторов, на схеме рис. 192 показан только один из 16 необходимых резисторов. Такие же резисторы (12 шт.) должны быть включены и на выходы микросхем DD9 и DD10 схемы рис. 191.

БЛОКИ ПИТАНИЯ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ

Цифровые устройства, собираемые радиолюбителями на микросхемах серии К155, требуют напряжения питания 5 В при токах от долей ампера до единиц ампер. Блоки питания таких устройств обычно собирают по традиционной схеме трансформатор — диодный мост — емкостный фильтр — стабилизатор. Схема одного из вариантов блока питания, пригодного практически для всех описанных выше устройств из микросхем серии К155, приведена на рис. 193.

Трансформатор Т1 намотан на магнитопроводе ШЛ16×25, обмотка I содержит 1900 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,15 мм, II — 90 витков ПЭВ-2 диаметром 0,64 мм, III—270 витков ПЭВ-1 диаметром 0,15 мм, IV—22 витка того же провода, V — 2000 витков провода 0,1 мм. Естественно, что нужно намотать лишь необходимые для питания данного устройства обмотки. Транзистор VT7 необходимо установить на радиатор.

При наличии микросхемы К142ЕН1 с любым буквенным индексом стабилизатор можно собрать по схеме рис. 141.

Блоки питания с низкочастотным трансформатором имеют значительные габариты и массу, нередко существенно превосходящие габариты и массу самих устройств.

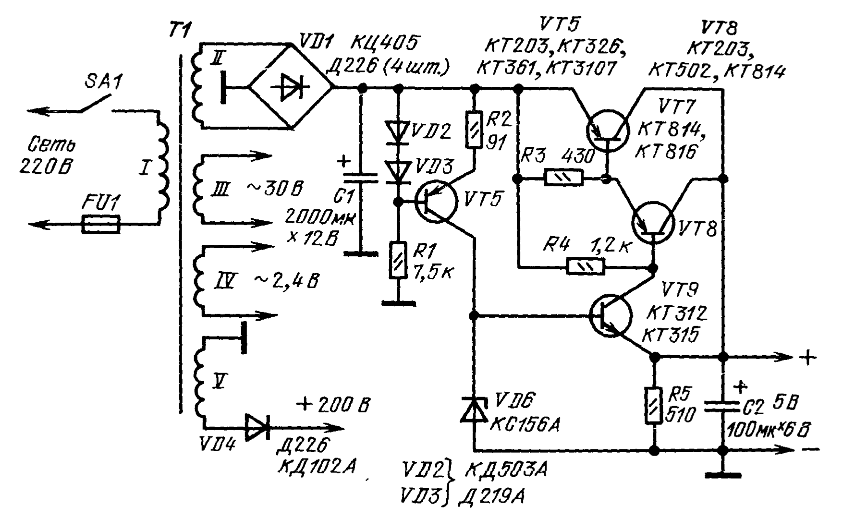


Рис. 193. Схема блока питания с низкочастотным трансформатором

Использование высоковольтных транзисторов серий КТ604, КТ605, КТ704, КТ809, КТ826 позволяет строить блоки питания с преобразованием напряжения на высокой частоте, имеющие меньшие массу и габариты, чем собранные по традиционной схеме.

Такие блоки питания строятся по схеме выпрямитель напряжения сети — емкостный фильтр — преобразователь постоянного напряжения в переменное с частотой 20 .... 40 кГц с понижающим трансформатором на ферритовом кольцевом магнитопроводе — выпрямитель — фильтр и при необходимости стабилизатор.

Ниже описаны два блока питания цифровых устройств. Первый из них обеспечивает выходное нестабилизированное напряжение около 5 В при токе нагрузки до 0,8 А и предназначен для питания электронных часов и цифрового таймера. Второй обеспечивает стабилизированные напряжения +5 В 1 А, +12,6 В и —12,6 В 100 мА и нестабилизированное напряжение +200 В, 10 мА и может быть использован для питания цифрового частотомера или мультиметра.

В основе обоих блоков питания лежит так называемый полумостовой преобразователь напряжения (рис. 194). Первичная обмотка трансформатора преобразователя включена в диагональ моста, образованного двумя последовательно включенными транзисторами и двумя конденсаторами. В отличие от обычно используемой в преобразователях с низким входным напряжением схеме, в которой полное входное напряжение поочередно подается к двум половинам первичной обмотки, в полумостовом преобразователе ко всей первичной обмотке прикладывается половина напряжения питания, в результате чего

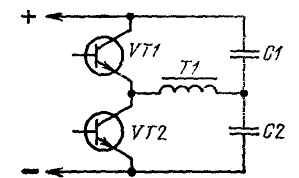


Рис. 194. Полумостовой преобразователь

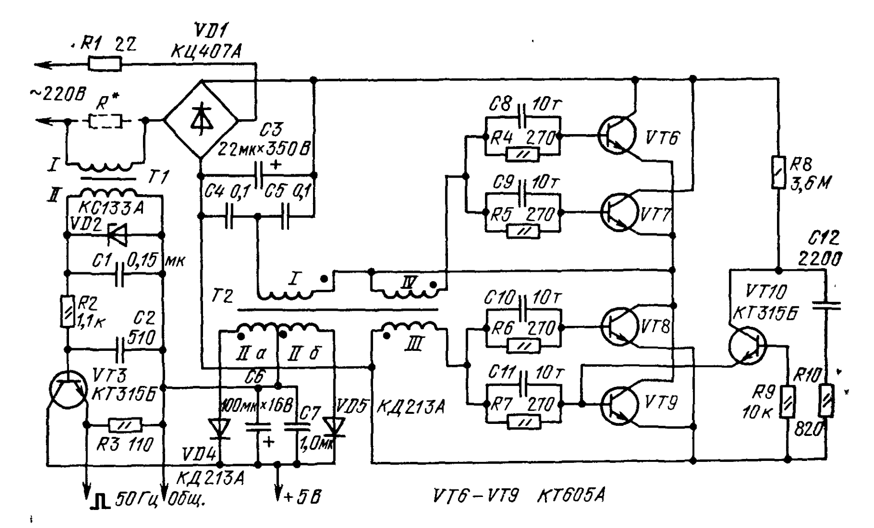


Рис. 195. Блок питания для таймера или электронных часов

число витков первичной обмотки можно сделать в 4 раза меньшим. Более важным преимуществом полумостового преобразователя перед упомянутой схемой является вдвое меньшее напряжение, прикладываемое к транзисторам. Это напряжение в полумостовом преобразователе равно напряжению питания (около 310 В при напряжении сети 220 В), тогда как в обычно используемой схеме — удвоенному напряжению питания.

В преобразователях напряжения мощностью в сотни ватт используются также мостовые схемы, в которых первичная обмотка трансформатора включена в диагональ моста из четырех транзисторов, но такие преобразователи заметно сложнее полумостовых.

Рассмотрим схему первого блока питания (рис. 195). Сетевое напряжение выпрямляется мостом VD1, пульсации сглаживаются конденсатором C3. Мост преобразователя образован конденсаторами C4, C5 и транзисторами VT6—VT9. Для обеспечения необходимой выходной мощности в каждое плечо включено параллельно по два транзистора типа КТ605А.

Преобразователь имеет специальную цепь запуска, собранную на транзисторе VT10 и элементах C12, R8—R10. Транзистор VT10 типа КТ315Б работает в лавинном режиме. После включения питания конденсатор C12 заряжается через резистор R8. Когда напряжение на коллекторе VT10 достигает 40 ... 60 В, он лавинообразно включается и конденсатор C12 разряжается. Ток разряда ограничен резистором R10, длительность определяется постоянной времени C12R10.

Импульс тока включает транзистор и запускает преобразователь. Отрицательные полупериоды напряжения с базы VT9 прикладываются к эмиттеру VT10 и периодически включают этот транзистор. В результате конденсатор C12 поддерживается в разряженном состоянии и колебаний в цепи запуска больше не возникает. Если по какой-либо причине колебания в преобразователе сорвутся, конденсатор C12 вновь начнет заряжаться, цепь запуска вновь выдаст импульс и преобразователь запустится.

Напряжение с двух половин вторичной обмотки выпрямляется диодами VD4, VD5, пульсации сглаживаются конденсаторами С6 и С7. Амплитуда пульсаций от пика до пика на выходе блока питания составляет около 0,3 В.

Ток, потребляемый блоком от сети, имеет вид коротких импульсов, заряжающих конденсатор С3. Этот ток, протекая через первичную обмотку трансформатора T1, наводит во вторичной обмотке импульсы напряжения.

После ограничения стабилитроном VD2 и фильтрации в цепи C1R2C2 импульсы поступают через эмиттерный повторитель на дополнительный выход блока и используются в таймере после деления до 10 Гц в качестве счетных импульсов. В электронных часах от блока питания не требуется выдача импульсов с частотой сети, поэтому элементы цепи их формирования можно исключить, а резистор R1, ограничивающий бросок тока через VD1 при включении блока, необходимо увеличить до 36 Ом.

В блоке питания использованы конденсаторы типа К73-17 на рабочее напряжение 250 В (С4, С5), К50-29 (С3), КМ-6 (С1, С7), КМ-5а (С2, С8—С12), резисторы типа МТ. Транзисторы КТ605А можно заменить на КТ604А. В качестве трансформатора Т1 использован импульсный трансформатор И49, имеющий две одинаковые обмотки с индуктивностью по 29 мГн. Такой трансформатор можно намотать на кольцевом магнитопроводе из феррита М3000 типоразмера К10×6×5. Каждая из его обмоток должна содержать по 150 витков провода ПЭЛШО-0,12.

Трансформатор Т2 намотан на кольцевом магнитопроводе из феррита М3000 типоразмера К32×20×6. Обмотка I содержит 150 витков провода ПЭЛШО-0,27, обмотка II — 2×6 витков ПЭВ-2 — 0,8 мм, III—IV — по 4 витка ПЭЛШО-0,27. Обмотки следует тщательно изолировать друг от друга, можно использовать для этой цели полиэтиленовую пленку. Обмотка I и каждая половина обмотки II должны быть равномерно распределены по окружности кольца. При указанных параметрах трансформатора Т2 частота преобразования составляет около 30 кГц. Если трансформатор намотать на магнитопроводе из феррита М2000 типоразмера К28×16×9 с сохранением указанного числа витков, частота преобразования составит около 16 кГц.

Блок питания при аккуратном монтаже можно собрать в объеме гальванической батареи 3336. Налаживания блок не требует. Выходное напряжение блока должно составлять около 5 В при токе нагрузки 0,3 А и 4,8 В при 0,8 А. Если выходное напряжение отличается от указанных значений, необходимо подобрать число витков первичной обмотки Т2. Если преобразователь при включении не запускается, необходимо проверить осциллографом с закрытым входом напряжение на коллекторе VT10 — оно должно иметь вид пилообразных колебаний с частотой около нескольких сотен герц. Если колебания отсутствуют, необходимо заменить VT10.

Хорошей формы импульсов с частотой 50 Гц можно добиться, зашунтировав первичную обмотку Т1 резистором R* с сопротивлением несколько десятков Ом, а также подобрав при необходимости емкость конденсаторов С1 и С2.

Однотрансформаторный преобразователь описанного блока имеет относительно низкий КПД — около 50%. Почти половина потребляемой от сети мощности рассеивается в трансформаторе Т2, магнитопровод которого работает в насыщенном режиме. Вторым и более серьезным недостатком однотрансформаторного преобразователя является наличие сквозных токов через транзисторы. Дело в том, что закрытые транзисторы начинают открываться одновремен-

но с началом закрывания открытых транзисторов в момент насыщения трансформатора. Открывание транзисторов происходит всегда быстрее, чем закрывание, в результате чего некоторое время (около 1 мкс) транзисторы обоих плеч моста преобразователя оказываются включенными. Спасает транзисторы КТ605А от выхода их из строя относительно высокое сопротивление в состоянии насыщения. Попытка установить в однотрансформаторный преобразователь транзисторы с малым сопротивлением насыщения приводит к их быстрому выходу из строя.

Поэтому при требуемой во вторичной цепи мощности более 5 Вт более целесообразно применение двухтрансформаторных преобразователей, не имеющих указанных недостатков.

Схема блока питания с двухтрансформаторным преобразователем приведена на рис. 196. Первичная обмотка основного трансформатора преобразователя Т2 включена в диагональ моста, образованного транзисторами VT5, VT6 и конденсаторами С3 и С4.

Параметры трансформатора рассчитаны так, что его магнитопровод не входит в насыщение, поэтому потери в нем невелики. Базовые цепи транзисторов VT5 и VT6 получают питание от вторичных обмоток трансформатора Т1, магнитопровод которого может входить в насыщение, однако из-за малых размеров магнитопровода потери в нем относительно малы.

Отсутствие сквозных токов через транзисторы преобразователя объясняется следующим. Ток базы включенного транзистора уменьшается во времени за счет увеличения тока намагничивания трансформатора Т1. Когда ток базы

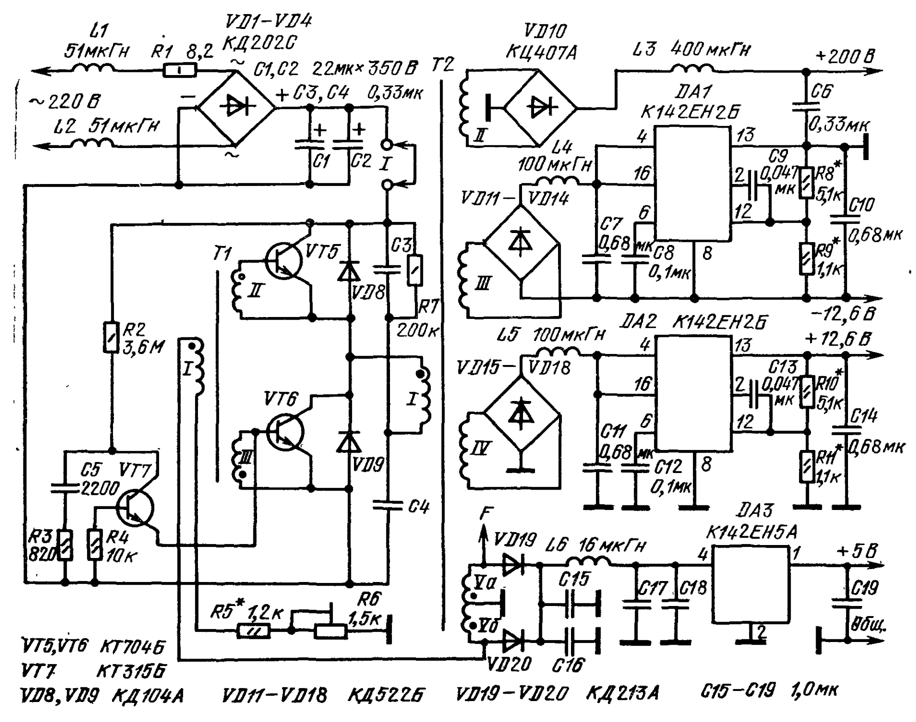


Рис. 196. Блок питания для частотомера или мультиметра

станет меньше необходимого для поддержания транзистора в насыщенном состоянии, транзистор начнет выключаться, но лишь после прекращения тока через него напряжение на первичной обмотке Т2 начнет изменяться, и только в результате этого начнет включаться транзистор второго плеча преобразователя. Таким образом, транзисторы двухтрансформаторного преобразователя не бывают включенными одновременно, что исключает появление сквозных токов. Однако это верно лишь в том случае, если основной трансформатор преобразователя не входит в режим насыщения. Если же трансформаторы рассчитаны неправильно и трансформатор Т2 входит в насыщение раньше, чем ток базы уменьшается до нуля, появляются сквозные токи транзисторов VT5 и VT6 и они выходят из строя.

Линейные стабилизаторы блока питания собраны на микросхемах серии К142. Особенностью вторичных цепей является использование Г-образных LC-фильтров. Индуктивный вход фильтров облегчает запуск преобразователя при включении. Для фильтрации напряжения стабилизатора +5 В использован П-образный LC-фильтр. Электролитические конденсаторы на частоте 20...40 кГц неэффективны.

Использование довольно мощных диодов в выпрямителе сетевого напряжения объясняется необходимостью (для уменьшения потерь) до предела снизить номинальное значение ограничительного резистора R1. Дроссели L1 и L2 уменьшают проникновение высокочастотных помех от преобразователя в сеть. Резистор R7 разряжает С3 и облегчает запуск преобразователя при повторных включениях. Подстройкой резистора R6 можно в широких пределах менять частоту работы преобразователя.

Блок питания собран на печатной плате габаритным размером 155×80 мм из двустороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм.

На стороне установки элементов фольга сохранена полностью и выполняет роль общего провода и экрана. Расположение проводников на противоположной стороне показано на рис. 197. Отверстия, кроме помеченных на рис. 197 крестиками, означающими пайку к фольге общего провода, на стороне установки элементов раззенкованы. Диоды VD1—VD4, транзисторы VT5, VT6 и подстроечный резистор R6 укреплены на небольших платах из двустороннего стеклотекстолита, подпаянных перпендикулярно к фольге общего провода. Высота плат 27 мм.

Для подключения к устройству, в котором используется блок питания, в печатную плату впаяны штырьки диаметром 1 мм от разъема ШР. Два штырька, обозначенные на рис. 196 и 197 буквой I, предназначены для контроля тока, потребляемого преобразователем при настройке (после настройки между ними устанавливается перемычка), штырек F — для контроля частоты.

Микросхема DA3 установлена в окне печатной платы, она закреплена двумя винтами М2,5 на радиаторе, который, в свою очередь, крепится вплотную к печатной плате. Радиатор игольчатый, с габаритными размерами 40×40×27 мм.

В блоке питания использованы резисторы МТ, конденсаторы К50-29 (С1, С2), К73-17 (С3, С4, С6), КМ-5а (С5, С9, С13), КМ-6 (С7, С8, С11, С12, С14—С19), стандартные дроссели Д-1,0 (L1, L2), ДМ-0,1 (L3—L5), ДМ-2,4 (L6). Подстроечный резистор R6 типа СП5-16ВБ-0,5 Вт.

Транзисторы VT5 и VT6 должны иметь близкие коэффициенты усиления, их можно заменить на КТ704, КТ812, КТ826 с любым буквенным индексом,

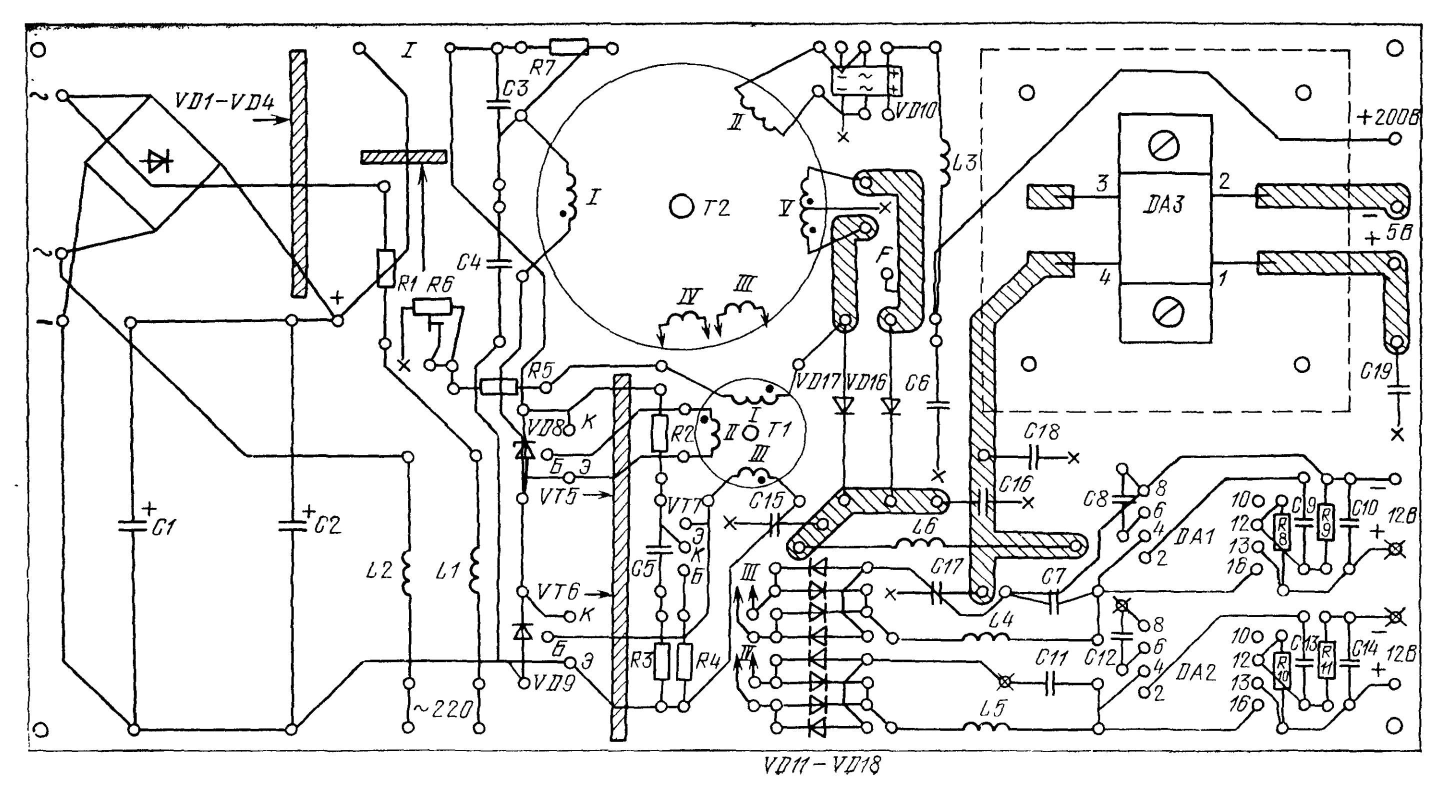


Рис. 197. Печатная плата блока питания

КТ809А. Выпрямитель VD10 можно собрать из четырех диодов КД104А, а вместо диодов VD11—VD18 использовать КД509А или сборки КЦ407А, КД906А, К142НД1, К142НД4, К142НД5. Диоды КД213А можно заменить на КД213Б или КД212А.

Трансформатор Т1 намотан на кольцевом магнитопроводе из феррита М3000 типоразмера К10×6×5. Первичная обмотка содержит 30 витков, вторичные — по 6 витков провода ПЭЛШО-0,27. Трансформатор Т2 намотан на кольцевом магнитопроводе М2000 типоразмера К28×16×9. Обмотка I содержит 110 витков провода ПЭЛШО-0,27, обмотка II — 160 витков ПЭЛШО-0,1, III и IV — по 16 витков ПЭЛШО-0,27, V — 2×8 витков ПЭВ-2-1,0. Витки обмоток следует равномерно распределить по магнитопроводу (для обмотки V — каждую половину).

Для настройки к контактам 1 следует подключить миллиамперметр на 100 мА, к выходу стабилизатора 5 В — резистор 5 Ом 5 Вт, к контакту F и общему проводу — частотомер и (или) осциллограф.

Резистор R6 следует установить в положение максимального сопротивления, после чего включить блок питания. После возникновения генерации необходимо сразу же измерить ее частоту и, если она менее 20 кГц, сразу же отключить блок от сети. Если частота превышает 20 кГц, ее следует уменьшить, плавно вращая ось резистора R6. При уменьшении частоты ток потребления, измеряемый прибором (примерно 45 мА), незначительно увеличивается, однако при частоте около 20 кГц начинается резкое возрастание тока, что указывает на переход трансформатора преобразователя в насыщенный режим и появление сквозных токов транзисторов. Частоту преобразователя целесообразно установить примерно в 2 раза большей частоты, при которой происходит резкое увеличение потребляемого тока. Хотя при несколько большей частоте ток потребления снижается, увеличивать ее не следует из-за ухудшения условия возбуждения преобразователя.

Если подстройкой R6 нельзя установить необходимой частоты, можно изменить число витков Т1, сохранив коэффициент трансформации. Для снижения частоты необходимо увеличить число витков, для увеличения — уменьшить.

Подключив к выходам ±12,6 В резисторы с сопротивлением 120—150 Ом 2 Вт, следует подобрать резисторы R8—R11 для получения необходимого выходного напряжения, при этом нельзя увеличивать R9 и R11 более 1,5 кОм.

Блок питания необходимо поместить в перфорированный латунный экран. Если прибор с таким блоком собран в металлическом корпусе, достаточно отделить его от остальных элементов прибора металлическим экраном или пластиной фольгированного стеклотекстолита.

Если стабилизатор напряжения собран по схеме рис. 196 с использованием микросхемы К142ЕН5А, стабилизатор напряжения в частотомере по схеме рис. 141 не нужен. При отсутствии микросхемы К142ЕН5А следует сохранить фильтр C15C16L6C17C18, а стабилизатор собрать по схеме рис. 191.

Следует отметить, что преобразователи напряжения рассмотренных блоков питания при недостаточной экранировке являются мощными источниками помех и применение их в чувствительной радиоприемной аппаратуре практически невозможно.

Уменьшения уровня помех, проникающих в сеть, можно добиться включением проходных конденсаторов в сетевые провода, установкой более сложных

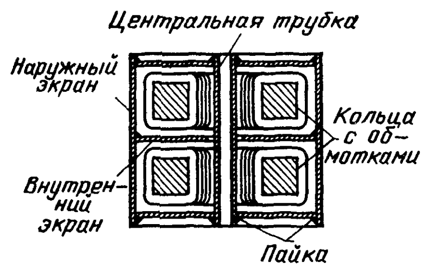


Рис. 198. Конструкция трансформатора блока питания

сетевых LC-фильтров. Если от блока питания требуется выходное напряжение по цепи, гальванически развязанной от общего провода, целесообразно для снижения проникновения напряжения с частотой преобразования в эту цепь трансформатор Т2 намотать на двух кольцевых сердечниках — первичную обмотку и обмотку из восьми витков провода ПЭЛШО-0,27 для подачи напряжения на Т1 на одном сердечнике, все вторичные — на втором. Сердечники необходимо установить в корпус из латуни толщиной 0,3 ... 0,5 мм с экраном между ними и центральной трубкой с наружным диаметром 4 ... 6 мм (рис. 198). Обмотки и их выводы следует тщательно изолировать, корпус — пропаять. Пайке корпуса следует уделить особое внимание — нельзя перегреть корпус из-за опасности порчи изоляции обмоток, в то же время все швы должны быть качественными, так как корпус является витком связи и через него течет ток порядка 10 А. Экран между кольцами не должен касаться центральной трубки. Числа витков обмоток при этом сохраняются.

Преобразователь напряжения с трансформатором, намотанным на магнитопроводе указанных размеров, может обеспечить выходную мощность до линейных стабилизаторов до 50 ... 60 Вт, необходимо лишь намотать обмотку I проводом ПЭВ-2-0,5 мм и соответствующим проводом из расчета 0,8 витка на 1 В — вторичные обмотки. Кроме того, необходимо в 2 раза снизить сопротивление резистора R5 и в 1,5 раза уменьшить число витков обмоток Т1. Если число витков обмотки V будет изменено для получения другого выходного напряжения, необходимо будет намотать дополнительную обмотку в восемь витков провода ПЭЛШО-0,27 для подачи напряжения на Т1.

Коэффициент полезного действия двухтрансформаторного преобразователя до линейного стабилизатора довольно велик — 80 ... 90%, основные потери происходят в стабилизаторе, поэтому целесообразно применение таких преобразователей без стабилизаторов в тех случаях, когда стабилизации напряжения не требуется, а применяемые по традиции линейные стабилизаторы служат в основном для подавления пульсаций выпрямленного напряжения, например, в усилителях мощности звуковой частоты.

ЩУПЫ ДЛЯ НАЛАЖИВАНИЯ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ

Щупы для индикации логических уровней

Налаживание цифровых устройств обычно производится с помощью генератора и осциллографа. Генератор нередко входит в состав проверяемого устройства, а громоздкий осциллограф в ряде случаев может быть заменен на щуп, индицирующий логические уровни в проверяемой схеме, наличие импульсов и их скважность и даже временно́е расположение импульсов.

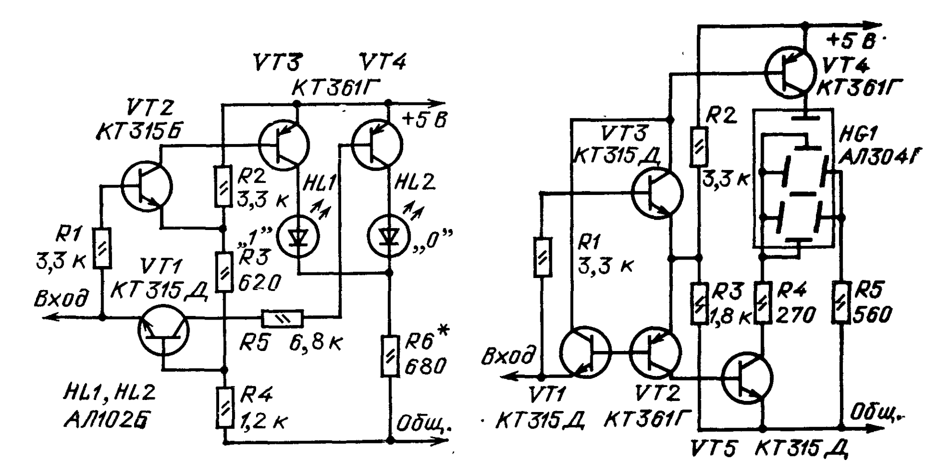


Рис. 199. Щуп с индикацией логических уровней

Рис. 200. Щуп с семисегментным индикатором

Простейшие щупы, описываемые в данном разделе, позволяют определять логические уровни в проверяемом устройстве.

Схема одного из них показана на рис. 199. Питание на щуп подается от исследуемого устройства. Если вход щупа никуда не подключен, все транзисторы закрыты, светодиоды HL1 и HL2 не горят. На эмиттер транзистора VT2 с делителя R2—R4 поступает напряжение около 1,8 В, на базу VT1 — около 1,2 В. Если на вход щупа подать напряжение выше 2,5 В, напряжение смещения база — эмиттер транзистора VT2 превысит 0,7 В, он откроется, своим коллекторным током откроет транзистор VT3. Светодиод HL1 включится, индицируя состояние лог. 1. Ток коллектора VT2, примерно равный току его эмиттера, ограничивается резисторами R3—R4. При превышении напряжения на входе уровня 4,6 В, что может случиться при проверке схем с открытым коллектором, транзистор VT2 входит в насыщение, все большая часть тока эмиттера VT2 ответвляется в цепь его базы и, если не ограничить ток базы VT2 резистором R1, транзистор VT3 закроется, диод HL1 погаснет. При снижении напряжения на входе ниже 0,5 В открывается транзистор VT1, его коллекторный ток открывает транзистор VT4, включается HL2, индицируется состояние 0. Коллекторный ток транзистора VT1 ограничивается резистором R5. Величина тока эмиттера транзистора VT1, нагружающего исследуемое устройство в состоянии 0, около 1,2 мА, в состоянии 1 ток базы VT2 30 мкА, что менее входных токов одной нагрузки микросхем серии К133 и К155.

Резистором R6 устанавливается яркость свечения светодиодов HL1 и HL2. Если использовать для индикации 0 и 1 светодиоды разного цвета, например АЛ102Б и АЛ102В, каждый из них необходимо включить последовательно со своим резистором.

Подбором резисторов R2—R4 можно установить необходимые пороги зажигания светодиодов. Транзисторы, используемые в щупе, должны быть обязательно кремниевыми, практически любого типа соответствующей структуры. Для VT1 и VT2 $h_{21Э}$ должен быть более 30, для VT3—VT4 желателен боль-

ший коэффициент усиления, но достаточен также 30. Чем больше h_{21} транзисторов VT3 и VT4, тем резче пороги зажигания светодиодов.

При наличии семисегментного полупроводникового индикатора АЛ304Г можно сделать работу со щупом более удобной — он будет индицировать цифры 0 или 1 в соответствии с логическим состоянием контролируемого узла устройства. Схема такого щупа приведена на рис. 200. Транзисторы VT3 и VT4 работают так же, как и в предыдущей схеме, — при превышении на входе напряжения +2,5 В включается транзистор VT4 и на общий анод сегментов индикатора HG1 подается напряжение +5 В. Так как катоды b и c через резистор R5 подключены к общему проводу, они зажигаются, индицируя цифру 1.

Несколько необычным является включение транзисторов VT1 и VT2. Если между эмиттерами транзисторов приложить напряжение порядка 1,3 ... 1,4 В, транзисторы открываются. Поскольку их базовые токи равны между собой, токи коллекторов пропорциональны коэффициентам усиления. Если подобрать транзисторы VT1 и VT2 с одинаковыми коэффициентами усиления, то и их токи коллекторов будут одинаковыми.

Таким образом, если на входе щупа напряжение будет ниже 0,5 В, транзисторы VT1 и VT2 открываются, своими коллекторными токами они открывают транзисторы VT4 и VT5. Транзистор VT4 подает напряжение +5 В на анод индикатора, зажигаются сегменты b и e. Транзистор VT5 зажигает сегменты a, d, e, f, в результате индицируется цифра 0. Ток эмиттера VT2 ограничивается резистором R2, следовательно, ограничивается и ток коллектора VT2 и примерно равный ему ток коллектора VT1.

Резисторами R4 и R5 можно менять яркость свечения индикатора, подбором R2 и R3 можно установить необходимые пороги зажигания цифр. Так как пороги в этой схеме жестко связаны между собой, для раздельной регулировки каждого из них делитель R2—R4 можно дополнить еще одним резистором, как в предыдущей схеме.

Требования к транзисторам в схеме рис. 200 те же, что и для предыдущей схемы, $h_{21э} > 30$, однако требуется, чтобы коэффициенты усиления VT1 и VT2 различились не более чем на 20%.

Детали щупа по схеме рис. 200 можно собрать на печатной плате габаритным размером 8×90 мм из фольгированного стеклотекстолита толщиной 0,5 мм (рис. 201). Левые (по рисунку) выводы резисторов R4 и R5 подпаиваются к печатным проводникам по обеим сторонам платы, выводы остальных

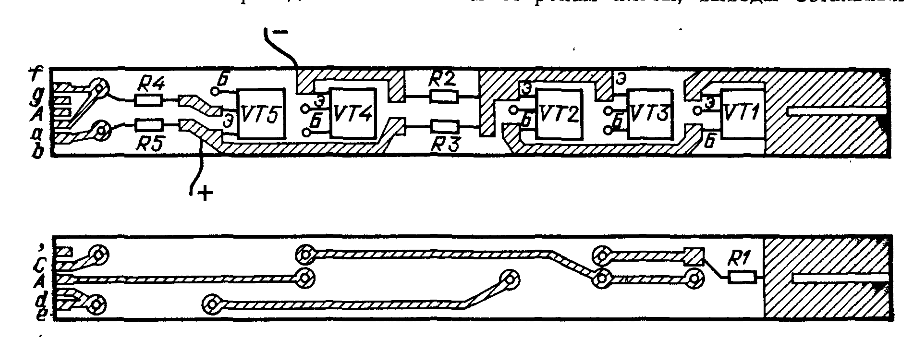


Рис. 201. Печатная плата щупа

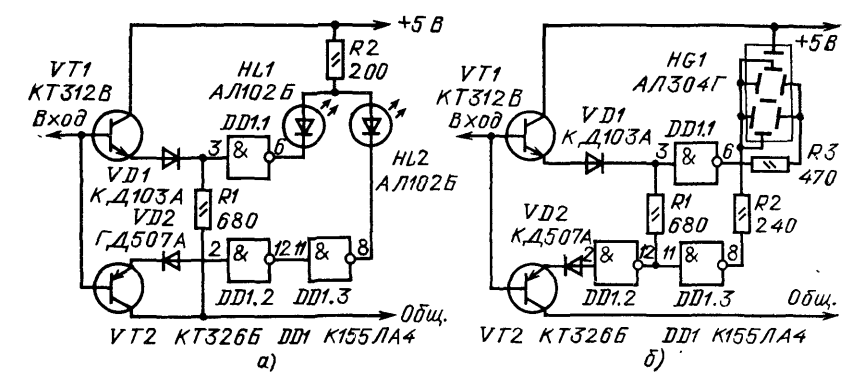


Рис. 202. Щупы с использованием микросхемы К155ЛА4

деталей — к какой-либо одной стороне. Штырь, изготовленный из стальной иглы или спицы, впаивается в паз, пропиленный в печатной плате. Цифровой индикатор закрепляется перпендикулярно плоскости платы подпайкой выводов к соответствующим контактам платы. Печатная плата помещается в корпус фломастера и закрывается крышкой, изготовленной из красного прозрачного органического стекла.

Аналогичные по свойствам щупы можно выполнить и с применением микросхемы, на рис. 202 приведены две схемы таких щупов. Щуп по схеме рис. 202,*а* работает так. При отсутствии входного сигнала логический элемент DD1.1 закрыт, DD1.2 включен, DD1.3 выключен. Светодиоды HL1 и HL2 погашены. При подаче на вход лог. 1 DD1.1 включается, зажигается HL1. При подаче лог. 0 DD1.2 выключается, включается DD1.3, зажигается HL2.

Щуп по схеме рис. 202,*б* работает так же, как и предыдущий, однако при подаче лог. 0 DD1.2 выключается и включает DD1.1 и DD1.3, в результате чего зажигается цифра 0. При подаче на вход лог. 1 включается DD1.1 и зажигается 1.

В качестве VT1 можно применить практически любые кремниевые n-p-n транзисторы с $h_{21Э} > 40$, в качестве VT2 — как кремниевые, так и германиевые p-n-p транзисторы, в случае применения германиевого транзистора диод VD2 следует заменить на кремниевый, например КД103А.

Щуп с индикацией наличия импульсов

В отличие от описанных выше приборов того же назначения щуп позволяет различать логические состояния 0 и 1, определять наличие одиночных импульсов и их последовательностей, оценивать скважность импульсов, в то же время размеры щупа невелики благодаря малому числу использованных деталей. Форма индицируемой информации удобна для наблюдения — индицируются знаки 0 и 1, указывающие соответствующие уровни, и точка, индицирующая наличие импульсов.

Схема щупа приведена на рис. 203. На входе щупа включен резистор R1, предохраняющий его от перегрузок, и эмиттерные повторители VT1 и VT2, служащие для уменьшения нагрузки на проверяемую схему и сдвигающие пороги переключения логических элементов DD1.1 и DD1.2. Дополнительный сдвиг

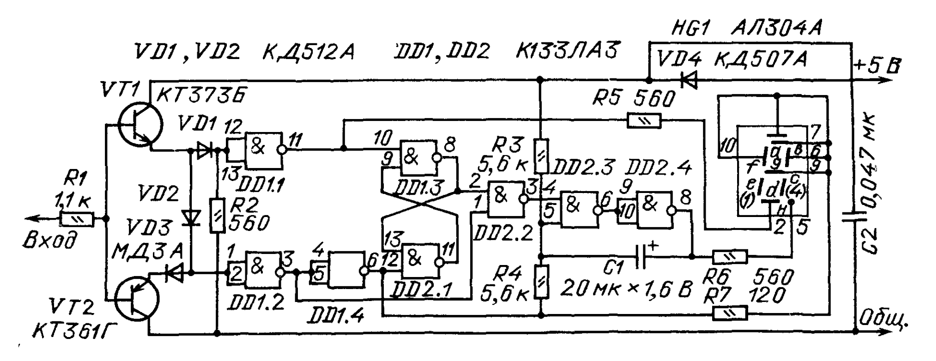


Рис. 203. Схема шума с индикацией импульсов

достигается включением кремниевого диода VD1 и германиевого VD3. В результате при входном напряжении выше 2,4 В элемент DD1.1 включается и зажигается сегмент d семисегментного индикатора HG1, индицируется знак 1 (при боковом положении индикатора). При напряжении ниже 2,4 В элемент DD1.1 закрывается, сегмент d гаснет. При снижении входного напряжения ниже 0,4 В выключается нормально включенный элемент DD1.2, включается DD1.2 и зажигаются 4 верхних сегмента a, b, f, g индикатора, индицируется знак 0.

При наличии на входе щупа импульсов триггер на элементах DD2.1 и DD1.3 переключается в моменты достижения напряжения на входе пороговых величин (0,4 и 2,4 В). В момент перехода напряжения на входе щупа из состояния 1 в состояние 0 на входе схемы совпадения DD2.2 кратковременно появляются две лог. 1, элемент DD2.2 включается и короткий (порядка 70 нс) отрицательный импульс с его выхода запускает ждущий мультивибратор на элементах DD2.3 и DD2.4. Выходной сигнал мультивибратора вызывает свечение точки индикатора.

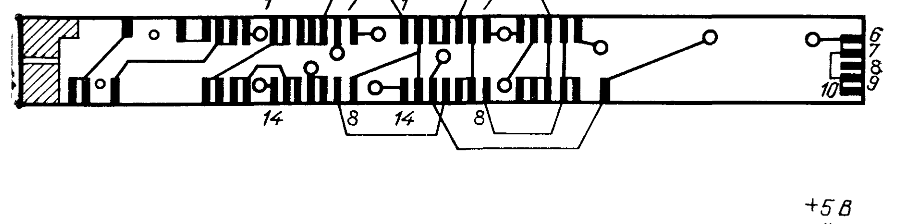
Если амплитуда входных импульсов ниже нормальной, триггер не переключается и точка индикатора не светится. Если частота импульсов не превышает 10 Гц, ждущий мультивибратор срабатывает на каждый импульс и вспыхивает точка индикатора. При частоте свыше 10 Гц мультивибратор срабатывает не на каждый импульс, а при частоте 20 Гц и более вспышки сливаются в непрерывное свечение. При входном сигнале, близком к меандру, одновременно с точкой индицируются знаки 0 и 1, а если скважность велика — лишь один из этих знаков (рис. 204).

„0”	
„1”	

Рис. 204. Форма индикации щупа

В щупе можно применить транзисторы КТ361 и КТ373 с любыми буквенными индексами, возможно применение и других кремниевых высокочастотных транзисторов соответствующей структуры. Диоды можно заменить на любые маломощные кремниевые (VD1 и VD2) и германиевые (VD3), микросхемы — на аналогичные серии К155. Печатная плата щупа приведена на рис. 205, ее размеры — 7,5 × 80 мм.

Семисегментный индикатор можно заменить на



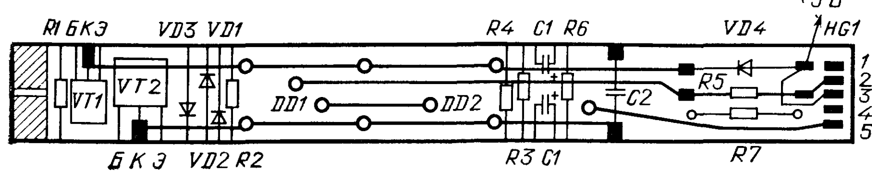


Рис. 205. Печатная плата щупа с индикацией импульсов

три светодиода, например два АЛ102Б (1 и точка) и один АЛ102В (0), в этом случае следует подобрать резисторы R5—R7 для нормальной яркости свечения и светодиодов. При индикации 0 будет гореть зеленый светодиод, при индикации 1 — красный, при меандре — три диода, при положительных импульсах — красный и зеленый, при отрицательных — два красных.

Щуп-микроосциллограф

Описываемый ниже щуп может заменить осциллограф при проверке счетчиков, дешифраторов и других цифровых устройств. Он позволяет наблюдать временные диаграммы в таких устройствах в десяти тактах, поэтому его наиболее целесообразное применение — при проверке декад и дешифраторов к ним.

Схема щупа приведена на рис. 206. Он содержит сдвигающий регистр на триггерах DD3—DD5.1, работающий в режиме кольцевого счетчика с коэффициентом пересчета 5. К выходу 6 триггера DD4.2 подключен вход триггера DD5.2, работающий в режиме деления частоты на 2. Выходные сигналы регистра подаются на аноды светодиодов, входящих в состав пятиэлементных матриц HL1 и HL2. На катоды матриц сигналы подаются с выходов элементов DD1.3 и DD1.4, управляемых триггером DD5.2 и через эмиттерный повторитель VT1 входным сигналом щупа.

Тактовые импульсы на щуп подаются через буферный элемент DD1.1, а сигнал синхронизации — через DD1.2 и дифференцирующую цепь на элементах микросхемы DD2.

Срабатывание по тактовому входу и по входу синхронизации происходит по спадам входных импульсов.

Работу и использование щупа рассмотрим на примере проверки декады. В этом случае вход синхронизации подключается к прямому выходу последнего триггера декады, а тактовый вход — ко входу декады, если она срабатывает по спадам входных импульсов (например, использована микросхема К155ИЕ2 или декада построена на JK-триггерах). Если же декада срабатывает по фронтам импульсов (например, К155ИЕ6 или построена на D-триггерах),

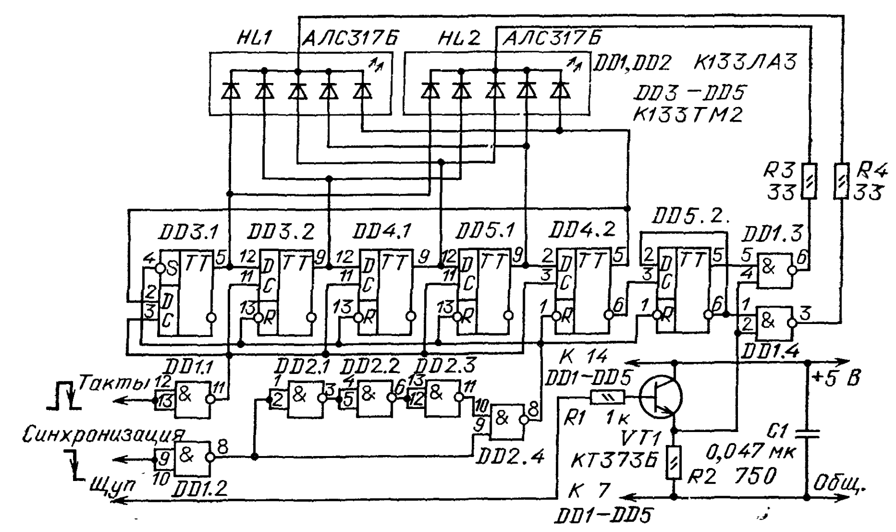


Рис. 206. Щуп-микроосциллограф

тактовый вход следует подключить к точке схемы, где сигнал инверсен по отношению к сигналу на входе декады. Этой точкой может служить, например, прямой выход последнего триггера предыдущей декады.

При переходе декады из состояния 9 в состояние 0 спад на прямом выходе последнего триггера, продифференцировавшись в микросхеме DD2 установит триггер DD3.1 в состояние 1, остальные триггеры — в 0. Если при этом вход щупа будет подключен к точке схемы с уровнем лог. 1, включится элемент DD1.4 и загорится первый (левый по схеме) светодиод матрицы HL1. Спад тактового импульса, переводящий декаду в состояние 1, переключит в такое же состояние триггер DD3.2, триггер DD3.1 перейдет в состояние 0. Второй диод матрицы HL1 загорится или останется погашенным в зависимости от сигнала на входе щупа.

Таким образом, за десять входных импульсов загорятся светодиоды, соответствующие тактам, в которых на входе щупа будет присутствовать лог. 1. Подключая щуп к различным точкам декады и выходам дешифратора, можно наблюдать временные диаграммы в этих точках и проверять их работу.

Конструктивно щуп выполнен на двусторонней печатной плате размером 12,5×95 мм, чертеж которой приведен на рис. 207. Игла щупа впаивается в паз, пропиленный в плате, плата помещена в цилиндрический корпус, изготовленный из алюминиевой трубки и закрытый крышкой из красного прозрачного органического стекла.

Из корпуса выведены четыре проводника МГТФ-0,14, снабженные на концах штыревыми контактами диаметром 1 мм от разъема ШР. На контакты одеты цветные хлорвиниловые трубки — красная и зеленая для питания +5 В и Общ. соответственно, синяя для входа синхронизации, желтая — для тактового входа. Эти контакты впаиваются непосредственно в проверяемое устройство или вставляются в специально впаянные в плату гнезда от ответных частей разъемов.

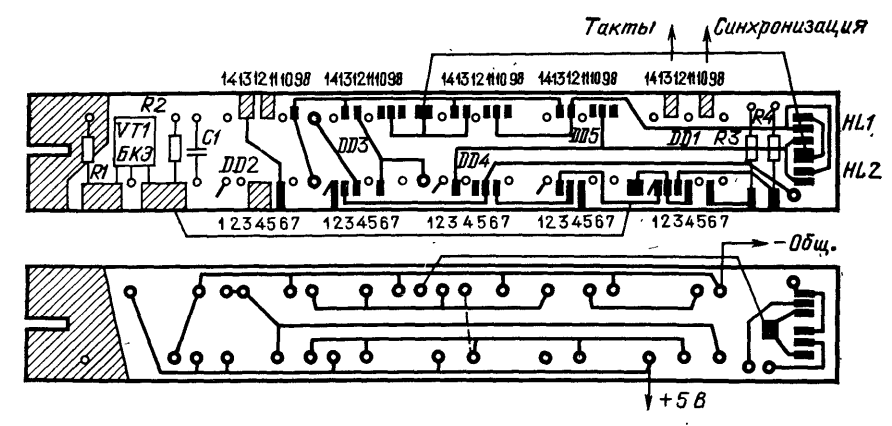


Рис. 207. Печатная плата щупа

При работе со щупом следует иметь в виду, что он не контролирует соответствия входных уровней нормам технических условий и в этом смысле не заменяет описанные выше щупы. Порог срабатывания щупа по сигнальному входу превышает порог срабатывания ТТЛ-микросхем на 0,7 В. Это не мешает проверке устройств с нормальными выходными уровнями, более того, повышенный порог позволяет проверять дешифраторы К155ИД1, выходной уровень лог. 0, которых около 1,5 В (норма ТУ на этот уровень 2,4 В). Однако при их проверке, как и при проверке других дешифраторов, имеющих открытый коллекторный выход, необходимо использование дополнительного резистора, подключенного к источнику +5 В.

Щуп можно использовать для проверки счетчиков и других устройств, работающих с периодом не более десяти тактов, однако при любой проверке на его входы обязательно должны подаваться тактовые импульсы и импульсы синхронизации.

Заключение

Приведенное в данной книге описание принципов использования интегральных микросхем, конечно, не может претендовать на полноту. В книге не рассмотрены вопросы применения микросхем оперативных запоминающих устройств, регистров и дешифраторов специального применения. Быстро развиваются серии интегральных микросхем ТТЛ-типа с диодами Шоттки (К531, КР1533, К555), обладающие резко увеличенным быстродействием (К531) или уменьшенной мощностью (КР1533, К555) по сравнению со стандарной серией К155. Однако многие описанные здесь общие принципы использования микросхем ТТЛ-серий и правила их применения позволяют распространять их и на новые интегральные микросхемы, некоторые особенности их применения упомянуты в этой книге.

Автор надеется, что данная книга поможет многим радиолюбителям не только успешно повторить описанные конструкции, но и творчески подойти к самостоятельной разработке и изготовлению многих полезных и интересных цифровых устройств.

Оглавление

Оглавление

НАШИМ ЧИТАТЕЛЯМ

Издательство «РАДИО И СВЯЗЬ» книги не высылает. Литературу по вопросам радиоэлектроники и радиолюбительства можно приобрести в магазинах научно-технической книги.

Для сведения сообщаем, что по вопросам переделки и усовершенствования конструкций издательство и авторы консультацию не дают. По этим вопросам следует обращаться в письменную радиотехническую консультацию Центрального радиоклуба СССР по адресу: 103012 Москва, К—12, ул. Куйбышева, д. 4/2, пом. 12.

Издательство не имеет возможности оказать помощь в приобретении нужных вам радиотоваров и не располагает сведениями о наличии их в торгующих организациях.

Радиотовары по почте высылают Центральная торговая база Посылторга (111126 Москва, Е-126, ул. Авиамоторная, 50) и Московская межреспубликанская база Центросоюза (127471 Москва, Г-471, ул. Рябиновая, 45).

СПИСОК МАГАЗИНОВ — ОПОРНЫХ ПУНКТОВ ИЗДАТЕЛЬСТВА «РАДИО И СВЯЗЬ»

111024 Москва, шоссе Энтузиастов, 24/43, магазин № 15
197198 Ленинград ПС, Большой пр., 34, магазин № 55
226050 Рига, ул. Ленина, 17, магазин «Гайсма»
630091 Новосибирск, Красный пр., 60, магазин № 7 «Техническая книга»
443090 Куйбышев, ул. Советской Армии, 124, магазин № 16 «Техническая книга»
700070 Ташкент, ул. Шота Руставели, 43, магазин № 21
173010 Новгород, Ленинградская ул., 13, магазин № 2 «Прометей»
634032 Томск, ул. Нахимова, 15/1, магазин № 2
603000 Горький, пр. Гагарина, 110, магазин № 9

В 1991 г. В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «РАДИО И СВЯЗЬ» В СЕРИИ «МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА» ВЫЙДУТ КНИГИ

Адамович В. Н., Бриллиантов Д. П., Кочура А. И. ВТОРАЯ ЖИЗНЬ ЦВЕТНЫХ КИНЕСКОПОВ.

Содержатся сведения о методах проверки и восстановления кинескопов в условиях эксплуатации как в стационарной мастерской, так и на дому у владельца телевизора. Рассматриваются устройства и принцип работы различных типов кинескопов, в том числе и для телевидения высокой четкости. Приводятся практические схемы приборов для проверки и восстановления кинескопов, применяемые в СССР и за рубежом.

Для подготовленных радиолюбителей и радиомехаников телевизионных ателье.

Кузин В. М. ПЕРЕНОСНЫЕ КОМБИНИРОВАННЫЕ ПРИБОРЫ: Справочное пособие.

Рассмотрены принципы построения, устройство, основные правила применения и характеристики промышленных комбинированных приборов для измерения электрических величин. Приведены принципиальные электрические и монтажные схемы, карты электрических цепей комбинированных приборов, наиболее распространенные среди радиолюбителей. Даны практические рекомендации по отысканию и устранению неисправностей.

Для широкого круга радиолюбителей.

Алексеев Ю. П. СПРАВОЧНИК ПО БЫТОВОЙ РАДИОПРИЕМНОЙ И ЗВУКОВОСПРОИЗВОДЯЩЕЙ АППАРАТУРЕ.

Приведены основные технические характеристики и краткое описание стереофонических радиокомплексов, электропроигрывателей, стереофонических усилителей и акустических систем, выпущенных отечественной промышленностью. Даны принципиальные электрические и электромонтажные схемы, режимы работы транзисторов и микросхем по постоянному и переменному токам.

Для подготовленных радиолюбителей.

Борисов В. Г. ЮНЫЙ РАДИОЛЮБИТЕЛЬ

В форме популярных бесед книга знакомит читателя с историей и развитием радио, с элементарной электро- и радиотехникой, электроникой. Содержит большое число описаний различных по сложности любительских радиовещательных приемников и усилителей звуковой частоты, измерительных приборов, простых электро- и цветомузыкальных инструментов, аппаратуры для телеуправления моделями и для радиоспорта. Даются справочные материалы. По сравнению с седьмым изданием (1985 г.) материал дополнен новыми приборами, предлагаемыми для изготовления.

Для широкого круга юных радиолюбителей.

Гедзберг Ю. М. РЕМОНТ ЦВЕТНЫХ ПЕРЕНОСНЫХ ТЕЛЕВИЗОРОВ: Справочное пособие.

Излагается методика ремонта цветных переносных телевизоров, даются практические рекомендации по поиску неисправностей. Приводятся описания современных моделей переносных телевизоров и рассматриваются их характерные неисправности. Большое внимание уделяется ремонту импульсных блоков питания.

Для подготовленных радиолюбителей

Зельдин Е. А. ИМПУЛЬСНЫЕ УСТРОЙСТВА НА МИКРОСХЕМАХ.

Рассмотрены основные типы импульсных устройств и пути их реализации с помощью современных цифровых и аналоговых микросхем. На конкретных примерах показаны способы применения импульсных устройств в радиолюбительской и промышленной бытовой аппаратуре.

Для широкого круга радиолюбителей.

КОНСТРУКЦИИ СОВЕТСКИХ И ЧЕХОСЛОВАЦКИХ РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ.

В сборнике помещены описания лучших конструкций, изготовленных советскими и чехословацкими радиолюбителями (измерительных приборов, охранных устройств, катушечного стереомагнитофона — приставки, аппаратуры для управления моделями и др.). Этот выпуск является продолжением совместной работы издательства «Радио и связь» и чехословацкого издательства СНТЛ.

Для широкого круга радиолюбителей.

Степанов Б. Г., Лаповок Я. С., Ляпин Г. Б. ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ РАДИОСВЯЗЬ НА КВ: Справочник/Под ред. Б. Г. Степанова.

Приведены материалы, освещающие практически все основные аспекты любительской связи на коротких волнах: организация радиолюбительского движения и практика работы на любительской радиостанции; вопросы конструирования связной коротковолновой аппаратуры и описания конкретных конструкций приемников, передатчиков, трансиверов и др.

Для широкого круга радиолюбителей.

Фромберг Э. М. КОНСТРУКЦИИ НА ЭЛЕМЕНТАХ ЦИФРОВОЙ ТЕХНИКИ.

Описаны игровые автоматы, телевизионные игры, приборы для кабинетов профориентации и лабораторий радиолюбителей, учебнонаглядные пособия для школьников и учащихся ПТУ. Все устройства реализованы на цифровых интегральных микросхемах широкого применения, обладающих повышенной надежностью и являющихся предпочтительными при проектировании цифровых устройств в радиолюбительской практике и детском техническом творчестве. Уделено внимание особенностям конструирования указанных устройств.

Для радиолюбителей, знакомыми с основами цифровой техники, а также руководителей кружков детского технического творчества.

2 р. 80 к.

МРБ

Цифровые устройства на интегральных микросхемах

Издательство «Радио и связь»